Wolfgang Köpcke

EIN FAHRPLANMODELL FÜR DAS GEPLANTE NAHVERKEHRSSYSTEM DER S - BAHN RUHRGEBIET

1974

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554811_0062

EIN FAHRPLANMODELL FÜR DAS GEPLANTE NAHVERKEHRSSYSTEM DER S-BAHN RUHRGEBIET

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Wirtschaftswissenschaft
durch den Fachbereich
Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
der Westfälischen Wilhelms-Universität
zu Münster

vorgelegt von
Dipl.-Math. Wolfgang Köpcke
aus Aussig
1974

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Erster Berichterstatter : Prof. Dr. Josef Bleymüller

Zweiter Berichterstatter : Prof. Dr. Herbert Gülicher

Dekan : Prof. Dr. Dietrich Adam

Tag der mündlichen Prüfung : 29. Januar 1974

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
1 EINLEITUNG	1
2 DIE PRÄMISSEN DER UNTERSUCHUNG	7
2.1 Das Verkehrsnetz	7
2.2 Die Beförderungsmittel	14
2.3 Die zeitlichen Restriktionen des Fahrplans	15
2.4 Die Verkehrsbelastung	18
3 GRUNDSÄTZE DER FAHRPLANBILDUNG	31
3.1 Die Komponenten eines Globalansatzes .	31
3.1.1 Fahrzeughäufigkeit und Kapazität	31
3.1.2 Die zeitliche Struktur	32
3.1.3 Der Fahrzeugeinsatz	35
3.1.4 Der Personaleinsatz	41
3.1.5 Der Zielkonflikt und seine mögliche Auflösung	42
3.1.6 Die numerischen Möglichkeiten ..	44
3.2 Partielle Ansätze	44
3.2.1 Kostenorientierte Ansätze	44
3.2.2 Fahrgastorientierte Ansätze	46
3.3 Die Zielfunktion	48
3.3.1 Die Zielfunktion für den Spitzenverkehr	48
3.3.2 Die Zielfunktion für den Verkehr außerhalb der Spitzenzeiten	49
3.4 Die Reduktion der Fahrplankomponenten im Hinblick auf die numerischen Möglichkeiten	49
3.4.1 Fahrzeughäufigkeit und Kapazität	
3.4.2 Die zeitliche Struktur	61
3.4.3 Der Fahrzeugeinsatz	72
3.4.4 Der Personaleinsatz	78

Seite

4 DIE ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNG 83

4.1 Der Fahrplan für den Spitzenverkehr ... 83

4.2 Der Fahrplan für den Verkehr außerhalb der Spitzenzeiten 90

4.3 Der Gesamtfahrplan 97

5 SCHLUSSBETRACHTUNG 99

LITERATURVERZEICHNIS 101

VERZEICHNIS DER TABELLEN 107

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN 111

SYMBOLVERZEICHNIS 113

FAHRPLANANHANG 119

1 EINLEITUNG

Das in dieser Arbeit entwickelte Fahrplanmodell ist zugeschnitten auf den öffentlichen Personennahverkehr, d.h. auf den Verkehr in Verkehrsgebieten von einem Durchmesser bis zu 200 km, in denen die Verkehrsdichte sehr hoch ist und in denen die Verkehrsnachfrage gewissen Periodizitäten unterliegt.[1)]

Hier soll speziell der öffentliche Personennahverkehr im Ruhrgebiet betrachtet werden. In diesem Ballungsraum wird zur Zeit ein Nahverkehrsnetz ausgebaut, durch das eine Regionalisierung des Ruhrgebiets, also die Stärkung des Zusammenhangs zwischen den Einzelgliedern des Raumes und damit die Erschließung der Möglichkeiten, die die gesamte Region bietet, für jeden einzelnen Bewohner gesichert werden soll.[2)] Der öffentliche Nahverkehr muß deshalb so attraktiv gestaltet werden, daß er eine echte Alternative zum Individualverkehr darstellt.[3)]

Die Verkehrsmittel, die dabei zum Einsatz kommen, sind:[4)]

(1) Stadtbahn,

(2) Autobus,

(3) Schnellbahn und

(4) Eisenbahn.

---

1) Vgl. LAFFERT-WOLDECK v., F.: Tarifliche Pflege des Personennahverkehrs der Deutschen Bundesbahn unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit der übrigen Nahverkehrsmittel, Diss. Köln 1957, S. 4.

2) Vgl. MÄCKE, P.A./HÖLSKEN, D.: Siedlungsschwerpunkte im Ruhrgebiet - Untersuchungen zum Schnellbahnsystem. Schriftenreihe Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, Essen 1970, S. 8.

3) Vgl. THIEMER, E.: Stand der Planungen und Ausbauten der Stadtbahn im Ruhrgebiet. Nahverkehrspraxis Nr. 6, Dortmund 1969, S. 265.

4) Vgl. MÄCKE, P.A./HÖLSKEN, D., a.a.O., S. 30.

Die S t a d t b a h n ist eine Schienenbahn mit einem eigenen Bahnkörper. Verkehrsträger der Stadtbahnen sind die kommunalen Verkehrsbetriebe. Aufgrund der verschiedenen örtlichen Gegebenheiten spielt sich der Stadtbahnverkehr in Hoch-, Niveau- oder Tieflage (U-Bahn) ab.[1] Aufgabe der Stadtbahn ist es, die Siedlungsschwerpunkte möglichst dicht zu erschließen.[2] Dementsprechend hat sie den Verkehr im O r t s - u n d V o r o r t s b e r e i c h zu bedienen. Da sich der Bau einer Stadtbahnlinie wegen der hohen Investitionen erst dann lohnt, wenn die voraussichtliche Streckenbelastung eine gewisse Mindestgröße erreicht, werden im Ruhrgebiet nur diejenigen Strecken zu Stadtbahnlinien ausgebaut, auf denen in der sogenannten Morgenspitze zwischen 5 und 9 Uhr mindestens 5000 Personen zu befördern sind.[3] Bei einer geringeren Verkehrsbelastung der Strecke werden zur Abwicklung des Orts- und Vorortsverkehrs Autobusse eingesetzt.

A u t o b u s s e erfüllen damit Z u b r i n g e r - u n d V e r t e i l e r f u n k t i o n e n für die Stadtbahnen. Zusätzlich können sie noch für R i n g - u n d T a n g e n t i a l v e r b i n d u n g e n eingesetzt werden.[4] Außerdem haben die Autobusse noch eine Zubringer- und Verteilerfunktion für die Schnellbahn zu erfüllen.

Der S c h n e l l b a h n v e r k e h r wird von der Bundesbahn auf vom übrigen Eisenbahnverkehr getrennten Gleisen

---

1) Vgl. THIEMER, E., a.a.O., S. 266.

2) Vgl. MÄCKE, P.A./HÖLSKEN, D., a.a.O., S. 33.

3) Vgl. MÄCKE, P.A./HÖLSKEN, D., a.a.O., S. 33.

4) Vgl. JUHNKE, K.J.: Die Bedeutung und Gestaltung der Eisenbahnen für den Personenverkehr in Ballungsräumen. Berlin 1966, S. 49.

durchgeführt. Die Schnellbahnen haben die Aufgabe, die Verbindungen zwischen den Siedlungsschwerpunkten sicherzustellen. Wie bei der Stadtbahn lohnt sich der Schnellbahnbetrieb erst dann, wenn zwischen 5 und 9 Uhr mindestens 5000 Personen in einer Richtung zu befördern sind.[1] Auf den übrigen Strecken im Zwischenortsverkehr muß man die vorhandenen Nahverkehrslinien der Eisenbahn benutzen. Existiert zwischen zwei Siedlungsschwerpunkten im Ruhrgebiet keine Eisenbahnverbindung und lohnt sich kein Schnellbahnbau, dann soll eine zwischenörtliche Busverbindung eingerichtet werden.

Die Nahverkehrslinien der Eisenbahnen unterscheiden sich vom Schnellbahnverkehr dadurch, daß der Verkehr auf den vorhandenen Eisenbahnstrekken zusammen mit dem Güterverkehr und dem Personenfernverkehr abgewickelt wird.

In dieser Arbeit wird nur der Schnellbahnverkehr im Ruhrgebiet untersucht und für diesen Verkehr ein Fahrplanmodell erstellt. Die übrigen Nahverkehrsmittel bleiben unberücksichtigt.

Jedes Fahrplanmodell hat die folgenden Aufgaben zu lösen:[2]

(1) Die Bestimmung der Fahrzeughäufigkeiten, d.h. der Fahrtenzahl während einer Zeitperiode.

(2) Die Festsetzung der Verkehrszeiten.

(3) Die Aufstellung des Fahrzeug- und des Personaleinsatzplans.

---

1) MÄCKE, P.A./HÖLSKEN, D., a.a.O., S. 33.

2) Vgl. UEBE, G.: Optimale Fahrpläne. Berlin/Heidelberg/New York 1970, S. 1.

Die Fahrzeughäufigkeiten werden hauptsächlich durch die Zahl der zu transportierenden Fahrgäste, die Zahl der einsatzfähigen Fahrzeuge und ihre Leistungscharakteristika bestimmt.

Die Fahrzeughäufigkeiten sind zwar eine wichtige, aber nicht die alleinige Grundlage für die Festsetzung der Verkehrszeiten. Es sind hier nämlich an Knotenpunkten weiterhin die Umsteige- und Anschlußbedingungen zu berücksichtigen. Auch Sicherheitsbestimmungen haben Einfluß auf die Bedienungsfolge; so darf z.B. der zeitliche Abstand zwischen zwei Fahrzeugen eine bestimmte Größe nicht unterschreiten. Nicht zuletzt sind die Fahrzeiten zwischen den Haltestellen und die Haltezeiten an den einzelnen Stationen für die Verkehrszeiten ausschlaggebend.

Bei der Aufstellung des Fahrzeug- und Personaleinsatzplans ist zu entscheiden, wie die Fahrzeuge und das Personal einzusetzen sind, um den gewünschten Fahrplan durchzuführen.

Alle Fahrplankomponenten werden noch davon beeinflußt, welche Zielfunktion bei der Fahrplanerstellung zugrundegelegt wird.[1)]

Da bisher ein geschlossenes mathematisches Fahrplanmodell noch fehlt, begnügte man sich mit der gesonderten Untersuchung von Teilproblemen.[2)] Im Vordergrund stehen auch hier immer noch heuristische Modelle, da die Anwendung analytischer Verfahren auch heute noch oft an der begrenzten Speicherkapazität der elektronischen Datenverarbeitungsanlagen scheitert. Analytische Ergebnisse liegen deshalb bisher nur

---

1) Vgl. UEBE, G., a.a.O., S. 1.

2) Vgl. UEBE, G., a.a.O., S. 1.

für kleinere oder besonders einfach aufgebaute Verkehrsnetze (z.B. sternförmige Netze) vor. Auch in dieser Arbeit werden deshalb heuristische Verfahren zur Anwendung kommen.

Im z w e i t e n K a p i t e l wird dargestellt, welche Prämissen dieser Untersuchung zugrundeliegen.

Im d r i t t e n K a p i t e l werden zunächst allgemein die Grundsätze betrachtet, die bei der Fahrplanbildung zu beachten sind und anschließend ein Fahrplanmodell für das S-Bahnnetz Ruhrgebiet entwickelt. Dieses Fahrplanmodell ist so konzipiert, daß es auf einer EDV-Anlage angewendet werden kann.

Die Ergebnisse, die sich durch die Berechnungen auf der EDV-Anlage ergeben, werden im v i e r t e n K a p i t e l dargestellt.

Im f ü n f t e n K a p i t e l werden die gewonnenen Ergebnisse einer abschließenden kritischen Beurteilung unterzogen.

2 DIE PRÄMISSEN DER UNTERSUCHUNG

2.1 Das Verkehrsnetz

In den Jahren 1962 und 1963 wurden bei der Bundesbahndirektion Essen Untersuchungen darüber angestellt, wie durch einen Ausbau von Bundesbahnstrecken zur Lösung der Nahverkehrsprobleme im Ballungsraum Ruhrgebiet beigetragen werden könne. Diese Untersuchungen führten zu dem Vorschlag, auf den Hauptstrecken des Ruhrgebietes einen Nahschnellverkehr mit dichter Zugfolge einzurichten.[1)]
Am 3o. August 1965 wurde dann ein Rahmenvertrag über den Ausbau eines S-Bahnnetzes im Ruhrgebiet zwischen dem Land Nordrhein-Westfalen und der Deutschen Bundesbahn abgeschlossen. Der Rahmenvertrag enthielt noch keine Angaben über den endgültigen Verlauf der S-Bahn. Es war vielmehr vorgesehen, daß nach eingehender Detailplanung und Kostenermittlung entsprechende Ausführungsverträge abgeschlossen werden sollten.[2)]
Als wichtigste Planungsgrundlagen standen zur Verfügung bzw. wurden noch erarbeitet:[3)]

(1) die Ergebnisse der Generalverkehrspläne des Siedlungsverbandes Ruhrkohlenbezirk und des Landes Nordrhein-Westfalen,[4)]

---

1) Vgl. HARRES, H.: Attraktiver Nahverkehr in starrem Fahrplan auf den Bundesbahnstrecken des Ruhrgebietes. In: Die Bundesbahn, 38 Jg., Darmstadt 1964, S. 711-717.

2) Vgl. HARRES, H.: Pläne zum Ausbau von Strecken im Ruhrgebiet für einen attraktiven Nahschnellverkehr. In: Die Bundesbahn, 4o. Jg., Darmstadt 1966, S. 424.

3) Vgl. Deutsche Bundesbahn: S-Bahn Ruhrgebiet, Ausbaustufe I, 2. Teilbereich, Essen 1970, S. 5-6.

4) Siehe: Generalverkehrsplan Ruhrgebiet, B. WEHNER: Öffentlicher Personenverkehr, Essen 1967, Generalverkehrsplan Nordrhein-Westfalen: Planungsraum Rhein-Ruhr-Wupper-Nördlicher Teil - Öffentlicher Personennahverkehr, Berlin 1969.

(2) die im Entwicklungsprogramm Ruhr (EPR)[1] proklamierten Vorstellungen der Landesregierung über ein integriertes Schnellbahnnetz Ruhr, bestehend aus den beiden regionalen Streckennetzen der S-Bahn und der Stadtbahn,

(3) Untersuchungen zur Planung des Stadtbahnnetzes,[2]

(4) Strukturuntersuchungen zur Gebietsentwicklungsplanung und Stadtentwicklung,[3]

(5) die Ergebnisse von bundesbahneigenen verkehrlichen, betrieblichen und baulichen Untersuchungen.[4]

Die Planungen für die erste Ausbaustufe sind inzwischen beendet worden. Die Bauarbeiten für diese Stufe sollen bis 1978 beendet sein.[5] Da die Planungen für die 2. Ausbaustufe der S-Bahn Ruhrgebiet noch nicht beendet sind, wird das in dieser Arbeit entwickelte Fahrplanmodell auf das S-Bahnnetz angewendet, wie es nach der 1. Ausbaustufe aussehen wird.[6]

---

1) Siehe: Landesregierung Nordrhein-Westfalen: Entwicklungsprogramm Ruhr 1968-1973, Düsseldorf 1968.

2) Siehe: Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen: Stadtbahn Ruhr, Düsseldorf 1969 (Vgl. auch: THIEMER, E.: Stand der Planungen und Ausbauten der Stadtbahn im Ruhrgebiet, a.a.O.)

3) Siehe: Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk: Gebietsentwicklungsplan 1966, Köln 1967, Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk: Siedlungsschwerpunkte im Ruhrgebiet; Grundlagen eines regionalen Planungskonzepts, Essen 1969.

4) Als wichtigste Untersuchung ist hier die Eisenbahnzählung am 27.4.1965 in Nordrhein-Westfalen zu nennen.

5) Vgl. Deutsche Bundesbahn: S-Bahn Ruhrgebiet, a.a.O, S. 4.

6) Die nun folgenden Angaben über das S-Bahnnetz sind dem Erläuterungsbericht der Deutschen Bundesbahn: S-Bahn Ruhrgebiet, a.a.O., entnommen. Zusätzlich benötigte Informationen, wie die Namen aller Haltestellen und die genauen Entfernungen im S-Bahnnetz, sind dem Verfasser von der Bundesbahndirektion Essen zur Verfügung gestellt worden.

Das S-Bahnnetz Ruhrgebiet ist ein in seiner gesamten Linienführung doppelgleisiges Schienennetz mit eigenem Bahnkörper. Das Netz umfaßt 2o6 km Streckenlänge mit 94 Stationen. Die Abstände zwischen den Stationen schwanken zwischen 69o Metern in den Citybereichen der Großstädte und 64oo Metern im Zwischenortverkehr. Der durchschnittliche Abstand der Haltestellen beträgt 24oo Meter.

Die Namen der 94 S-Bahnstationen sind in der folgenden Tabelle 2 -1 zusammengestellt. Anschließend zeigt Abbildung 2-1 den schematisierten Verlauf des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet. Anhand dieser Abbildung sollen einige Begriffsbestimmungen erfolgen.

Die E n d p u n k t e des Verkehrsnetzes sind durch das Symbol ◯ gekennzeichnet. Das S-Bahnnetz Ruhrgebiet besitzt die 9 Endpunkte Dü = Düsseldorf-Hbf., Ob = Oberhausen-Hbf., Bot = Bottrop-Mitte, Lan = Langenberg, Hat = Hattingen(Ruhr)-Mitte, Her = Herne-Hbf., D-M = Dortmund-Mengede, Un = Unna-Königsborn und Wit = Witten-Hbf.

Stationen mit Umsteigemöglichkeit werden K n o t e n p u n k t e genannt und durch das Symbol ◎ gekennzeichnet. Das S-Bahnnetz Ruhrgebiet besitzt die 7 Knotenpunkte Mü = Mülheim (Ruhr)-Styrum, E-W = Essen-West, E-H = Essen-Hbf., E-SW = Essen-Steele West, E-S = Essen-Steele, D-D = Dortmund-Dorstfeld und D-H = Dortmund-Hbf.

Knotenpunkte und Endpunkte werden zusammenfassend auch als D e p o t p u n k t e bezeichnet. An diesen Stationen besteht die Möglichkeit, Fahrzeuge neu in den Verkehr zu bringen bzw. Fahrzeuge aus dem Verkehr zu nehmen.

Die übrigen Stationen werden Z w i s c h e n h a l t e genannt. Sie sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht in Abbildung 2-1 enthalten.

Tabelle 2-1: Die Stationen des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet

Nummer	Name	Nummer	Name
1	Düsseldorf-Hbf.	48	Oberhausen-Hbf.
2	Düsseldorf-Werhahn	49	Essen-Borbeck Süd
3	Düsseldorf-Zoo	5o	Essen-Borbeck
4	Düsseldorf-Derendorf	51	Essen-Gerschede
5	Düsseldorf-Vogelsang	52	Essen-Dellwig Ost
6	Düsseldorf-Unterrath	53	Bottrop-Hbf.
7	Kalkum	54	Bottrop-Mitte
8	Angermund	55	Essen-Überruhr
9	Duisburg-Rahm	56	Essen-Kupferdreh
1o	Duisburg-Großenbaum	57	Nierenhof
11	Duisburg-Buchholz	58	Langenberg
12	Duisburg-Schlenk	59	Bochum-Dahlhausen
13	Duisburg-Hbf.	6o	Hattingen (Ruhr)
14	Mülheim(Ruhr)-Styrum	61	Hattingen (Ruhr) Mitte
15	Mülheim(Ruhr)	62	Dortmund-Marten Süd
16	Mülheim(Ruhr)-Stadt	63	Dortmund-Lütgendortmund
17	Essen-Frohnhausen	64	Dortmund-Lütgendortmund Süd
18	Essen-West	65	Dortmund-Lütgendortmund West
19	Essen-Hbf.	66	Dortmund-Lütgendortmund Nord
2o	Essen-Steele West	67	Dortmund-Bövinghausen
21	Essen-Steele	68	Castrop-Rauxel-Merklinde
22	Essen-Eiberg	69	Castrop-Rauxel-Süd
23	Wattenscheid-Höntrop	7o	Herne-Börnig
24	Bochum-Hbf.	71	Herne-Hbf.
25	Bochum-Langendreer West	72	Dortmund-Wischlingen
26	Bochum-Langendreer Süd	73	Dortmund-Huckarde
27	Dortmund-Kley	74	Dortmund-Bodelschwingh
28	Dortmund-Öspel	75	Dortmund-Östrich
29	Dortmund-Eichlinghofen	76	Dortmund-Mengede
30	Dortmund-Universität	77	Dortmund-Möllerbrücke
31	Dortmund-Dorstfeld Süd	78	Dortmund-Stadthaus
32	Dortmund-Dorstfeld	79	Dortmund-Semerteichstraße
33	Dortmund-Hbf.	8o	Dortmund-Körne
34	Düsseldorf-Vogelsang	81	Dortmund-Knappschaftskrankenhaus
35	Düsseldorf-Rath Mitte	82	Dortmund-Brackel
36	Düsseldorf-Rath	83	Dortmund-Asseln Mitte
37	Ratingen-Süd	84	Dortmund-Asseln
38	Ratingen-Ost	85	Dortmund-Wickede
39	Hösel	86	Unna-Massen
4o	Kettwig-Stausee	87	Unna-West
41	Kettwig	88	Unna-Hbf.
42	Essen-Werden	89	Unna-Königsborn
43	Essen-Hügel	9o	Dortmund-Schönau
44	Essen-Stadtwald	91	Dortmund-Barop
45	Essen-Süd	92	Dortmund-Kruckel
46	Essen-Ruhrallee	93	Witten-Annen Nord
47	Oberhausen-Süd	94	Witten-Hbf.

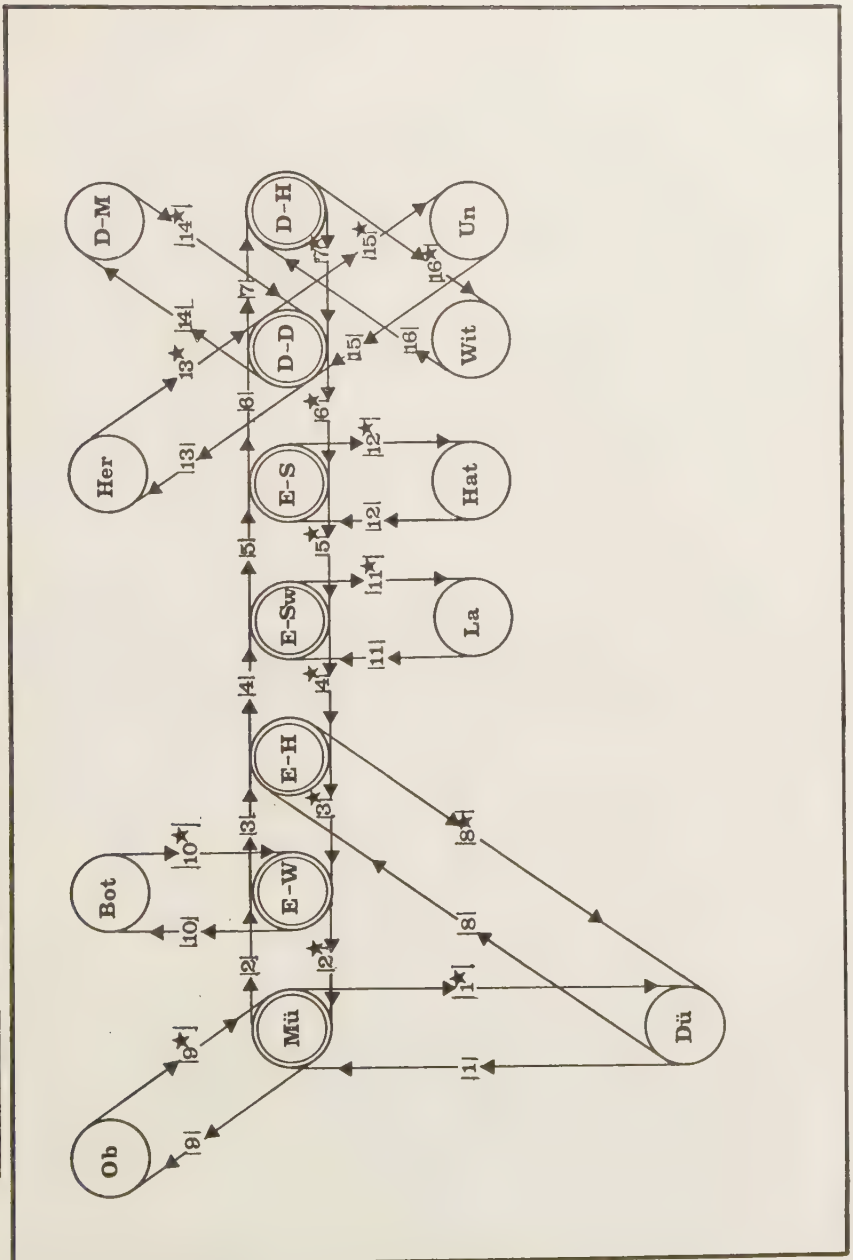


Abbildung 2-1: Schematisierter Verlauf des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet

Eine eingleisige Verkehrslinie zwischen zwei benachbarten Depotpunkten sei hier als S t r e c k e n a b s c h n i t t -| |- definiert. Wegen der Doppelgleisigkeit des Nahverkehrsnetzes existieren zwischen zwei Depotpunkten zwei in entgegengesetzter Richtung verlaufende Streckenabschnitte. So erstreckt sich z.B. der Streckenabschnitt |1| von Dü = Düsseldorf-Hbf. nach Mü = Mülheim (Ruhr)-Styrum, während der Streckenabschnit |1*| auf dem Parallelgleis in umgekehrter Richtung verläuft. Wie aus Abbildung 2-1 hervorgeht, besteht das S-Bahnnetz Ruhrgebiet aus den 32 Streckenabschnitten |1| bis |16| und |1*| bis |16*| [1)]

In Tabelle 2-2 sind die Angaben über Länge und Verlauf der 32 Streckenabschnitte des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet zusammengestellt. Bei den Zwischenhalten sind jeweils nur die laufenden Nummern der Stationen angegeben. Die entsprechenden Stationsnamen sind aus Tabelle 2-1 zu entnehmen.

---

1) Die Verbindung von Essen-Steele West nach Hattingen (Ruhr)-Mitte, d.h. die Streckenabschnitte |11| und |11*| , werden in den Veröffentlichungen der Deutschen Bundesbahn bis 197o nicht zum S-Bahnnetz gerechnet. Nach Auskunft der Bundesbahndirektion Essen vom Dezember 1971 soll auf diesen Streckenabschnitten aber ebenfalls ein S-Bahn Verkehr stattfinden.

Tabelle 2-2: Länge und Verlauf der 32 Streckenabschnitte des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet

Nummer	von (nach)	nach (von)	Zwischenhalte	Länge in km
|1| (|1*|)	Dü = Düsseldorf-Hbf.	Mü = Mülheim(R)-Styrum	2 bis 13	29,8
|2| (|2*|)	Mü = Mülheim(R)-Styrum	E-W = Essen-West	15 bis 17	1o,7
|3| (|3*|)	E-W = Essen-West	E-H = Essen-Hbf.	---	2,4
|4| (|4*|)	E-H = Essen-Hbf.	E-SW = Essen-Steele West	---	4,6
|5| (|5*|)	E-SW = Essen-Steele West	E-S = Essen-Steele	---	1,2
|6| (|6*|)	E-S = Essen-Steele	D-D = Dortmund-Dorstfeld	22 bis 31	28,2
|7| (|7*|)	D-D = Dortmund-Dorstf.	D-H = Dortmund-Hbf.	---	2,7
|8| (|8*|)	Dü = Düsseldorf-Hbf.	E-H = Essen-Hbf.	2 bis 4 34 bis 46	35,1
|9| (|9*|)	Mü = Mülheim(R)-Styrum	Ob = Oberhausen-Hbf.	47	5,7
|1o| (|1o*|)	E-W = Essen-West	Bot = Bottrop-Mitte	49 bis 53	13,o
|11| (|11*|)	E-SW = Essen-Steele West	Lan = Langenberg	55 bis 57	15,o
|12| (|12*|)	E-S = Essen-Steele	Hat = Hattingen(R)-Mitte	59 bis 6o	9,5
|13| (|13*|)	D-D = Dortmund-Dorstf.	Her = Herne-Hbf.	62 bis 7o	2o,3
|14| (|14*|)	D-D = Dortmund-Dorstf.	D-M = Dortmund-Mengede	72 bis 75	8,2
|15| (|15*|)	D-D = Dortmund-Dorstf.	Un = Unna-Königsborn	77 bis 88	23,2
|16| (|16*|)	D-H = Dortmund-Hbf.	Wit = Witten-Hbf.	9o bis 93	16,2

2.2 Die Beförderungsmittel

Auf dem S-Bahnnetz Ruhrgebiet wird der elektrische S-Bahn-Triebwagen 42o[1] verkehren. Eine Einheit dieses Triebwagens bietet 194 Sitzplätze und 226 Stehplätze (bei einer Nutzung der Stehfläche von 4 Personen/m^2).

Ein Fahrzeug kann aus bis zu 3 Triebwageneinheiten zusammengesetzt werden. In dieser Arbeit werden die unterschiedlichen Fahrzeuggrößen als F a h r z e u g t y p e n bezeichnet. Die Typenbezeichnung entspricht dabei der Zahl der Triebwagen, aus denen das Fahrzeug zusammengesetzt ist; ein Fahrzeug vom Typ 2 z.B. ist aus 2 Triebwagen zusammengesetzt. Fahrzeugtyp 1 kann damit 42o Personen, Typ 2 84o Personen und Typ 3 126o Personen befördern.

Ein S-Bahn Fahrzeug hat eine Höchstgeschwindigkeit von 12o km/h, eine mittlere Anfahrbeschleunigung von o,9 m/sec^2 und eine mittlere Bremsverzögerung von ebenfalls o,9 m/sec^2. Die Höchstgeschwindigkeit wird nach 45 Sekunden erreicht, wobei das Fahrzeug looo Meter zurückgelegt hat. Aufgrund dieser Werte gilt für die Fahrzeit[2] T (in Minuten) zwischen zwei Stationen, wenn L die Länge in Kilometern zwischen den beiden Stationen ist:

$$T = \begin{cases} \sqrt{1{,}125 \cdot L} & L \leq 2 \\ 1{,}5 + (L-2)/2 & L > 2 \end{cases} \qquad (2.1)$$

---

1) Die Angaben über den S-Bahn Triebwagen 42o wurden den folgenden Veröffentlichungen entnommen: Deutsche Bundesbahn: S-Bahn Ruhrgebiet, a.a.O., S. 26
RAPPENGLÜCK, W.: Konstruktion der Fahrzeuge für den Nahverkehr bei der DB. In: Der Eisenbahningenieur, Frankfurt a.M. 1969, 2o. Jahrgang, S. 76-82. HARRES, H.: Spezielle Fahrzeuge für den Einsatz im S-Bahnverkehr in Ballungsräumen. In: Der Eisenbahningenieur, Frankfurt a.M. 1969, 2o. Jahrgang, S. 67-69.

2) Die Fahrzeit ist unabhängig vom Fahrzeugtyp.

2.3 Die zeitlichen Restriktionen des Fahrplans

Ein wichtiges Datum bei der Festsetzung der zeitlichen Struktur eines Fahrplans ist die B e f ö r d e r u n g s z e i t auf einem Streckenabschnitt, d.h., die Zeit, die zwischen der Abfahrt eines Fahrzeugs am Beginn des Streckenabschnitts und seiner Ankunft am Ende des Abschnitts liegt[1]. Diese Zeit setzt sich zusammen aus den F a h r z e i t e n zwischen den einzelnen Stationen des Streckenabschnitts und den H a l t e z e i t e n an den Zwischenhalten[2].

Die Fahrzeiten zwischen den einzelnen Stationen lassen sich aus Formel (2.1), S.14 , ermitteln. Die Haltezeiten an den Zwischenhalten liegen zwischen 3o Sekunden und einer Minute[3]. Die folgende Tabelle 2-3 enthält für jeden Streckenabschnitt die aufsummierten Fahrzeiten und die aufsummierten Haltezeiten an den einzelnen Zwischenhalten.[4]

---

1) Vgl. STEFFENS, B.: Die Betriebsabwicklung -notwendige Grundlage der Schnellbahnplanung. In: Eisenbahnpraxis, Berlin, 197o S. 2

2) Vgl. WEBER, W.: Die Reisezeit der Fahrgäste öffentlicher Verkehrsmittel. In: Jahrbuch des Eisenbahnwesens, Darmstadt, 1968 S. 111

3) Vgl. HARRES, H.: Pläne zum Ausbau ....., a.a.O. S. 425

4) Die Fahrtzeiten, die sich aus Formel (2.1) ergeben, sind Durchschnittszeiten. Die tatsächlichen Fahrtzeiten können durch bauliche Gegebenheiten wie z.B. Steigungen und Krümmungen der Streckenabschnitte über den Durchschnittszeiten liegen. Da dem Verfasser Informationen über die tatsächlichen Fahrtzeiten nicht zur Verfügung standen, wurden in Tabelle 2-3 für jeden Streckenabschnitt die sich aus Formel 2-1 ergebenden Fahrtzeiten auf ganze Minutenwerte aufgerundet.

Tabelle 2-3: Fahrzeiten, Haltezeiten und Beförderungszeiten auf den Streckenabschnitten des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet

Streckenabschnitt	Fahrzeit in Minuten	Haltezeit an den Zwischenhalten in Minuten	Beförderungszeit in Minuten
|1| |1*|	22	7	29
|2| |2*|	7	2	9
|3| |3*|	2	-	2
|4| |4*|	3	-	3
|5| |5*|	1	-	1
|6| |6*|	2o	6	26
|7| |7*|	2	-	2
|8| |8*|	27	8	35
|9| |9*|	4	1	5
|1o| |1o*|	1o	2	12
|11| |11*|	9	2	11
|12| |12*|	7	1	8
|13| |13*|	15	5	2o
|14| |14*|	7	2	9
|15| |15*|	16	7	23
|16| |16*|	1o	3	13

Befährt ein Fahrzeug mehrere Streckenabschnitte hintereinander, setzt sich die Gesamtbeförderungszeit aus den Beförderungszeiten auf den durchfahrenen Streckenabschnitten und den Haltezeiten an den Knotenpunkten zwischen den Abschnitten zusammen. Die Haltezeit an den Knotenpunkten beträgt jeweils eine Minute.[1)]

Will man an ein Fahrzeug, das mehrere Streckenabschnitte hintereinander befährt, an einem der durchfahrenen Knotenpunkte Fahrzeugeinheiten an dieses Fahrzeug anhängen oder von diesem Fahrzeug abhängen, so wird dazu eine Zeit benötigt, die die normale Haltezeit von einer Minute übersteigt. Diese zusätzliche Zeit wird als K o p p e l z e i t bezeichnet. Sie wurde in dieser Arbeit mit 5 Minuten angenommen.

Bei der Fahrplanbildung sind noch die U m s t e i g e z e i t e n an den Knotenpunkten zu berücksichtigen. Bei den Knotenpunkten Essen-Hbf., Dortmund-Dorstfeld und Dortmund-Hbf. wurde eine Umsteigezeit von 3 Minuten, bei den restlichen Knotenpunkten eine Umsteigezeit von 2 Minuten angenommen.

Wichtig für die Fahrplanbildung sind noch die Mindestzugfolgezeit und die Wendezeit. Die M i n d e s t z u g f o l g e z e i t ist die Zeit, die aus Sicherheitsgründen mindestens zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abfahrten bzw. Ankünften auf einem Streckenabschnitt liegen muß. In dieser Arbeit wird für jeden Abschnitt eine Mindestzugfolgezeit von 2 Minuten angenommen.[2)]

Die W e n d e z e i t, d.h. die Zeit, die benötigt wird, um ein Fahrzeug, das sein Reiseziel erreicht hat, erneut zum Einsatz zu bringen, soll für jeden Depotpunkt 10 Minuten betragen.[3)]

---

1) Vgl. HARRES, H., Pläne zum Ausbau ....., a.a.O. S. 425

2) Vgl. SCHRECK/MEYER/STRUMPF, S-Bahnen in Deutschland - Planung, Bau, Betrieb, Düsseldorf 1972, S. 46.

3) Vgl. HAPPEl, O., Die S-Bahn Düsseldorf - Ausgangspunkt für ein S-Bahn System an Rhein, Ruhr und Wupper. In: Die Bundesbahn, 41. Jg., Darmstadt 1967, S. 689

2.4 Die Verkehrsbelastung

Die Verkehrsbelastung in einem bestehenden Verkehrsnetz kann durch R e i s e n d e n z ä h l u n g e n[1] festgestellt werden. Da das S-Bahnnetz Ruhrgebiet noch im Bau ist, muß die zukünftige Verkehrsnachfrage in diesem Netz p r o g n o s t i z i e r t werden. In den Untersuchungen zum Schnellbahnsystem Ruhrgebiet von MÄCKE/HÖLSKEN[2] wird für das Jahr 2ooo eine solche Prognose für den S-Bahn- und Stadtbahnverkehr durchgeführt.

Kennzeichnend für den werktäglichen[3] Personennahverkehr ist der typische zeitliche Rhythmus der Verkehrsnachfrage, der überwiegend durch den Berufsverkehr, d.h. durch den Arbeitsbeginn und das Arbeitsende, bestimmt wird.[4] Zu diesen Zeiten, d.h. zwischen 6 und 9 Uhr und zwischen 16 und 19 Uhr, zeigt sich eine deutliche Konzentration des Verkehrsaufkommens.[5] Aufgrund der"wahrscheinlichen"Arbeitszeit und Beschäftigungsstruktur im Jahre 2ooo leiten MÄCKE/HÖLSKEN den Tagespegel der zukünftigen Verkehrsbelastung an einem Werktag ab.[6]

---

1) Vgl. zu den Reisendenzählungen bei der Deutschen Bundesbahn: RÖVER, K.: Reiseverkehrsstromzählungen. In: Die Bundesbahn, 3o.Jg., Darmstadt 1956, S. 938-951. Vgl. zu Reisendenzählungen im öffentlichen Personenverkehr: PAMPEL, F.: Anleitungen für Verkehrserhebungen im öffentlichen Personenverkehr. Verband öffentlicher Verkehrsbetriebe (VÖV), Köln 1961.

2) Vgl. MÄCKE, P.A./HÖLSKEN, D., a.a.O.

3) In dieser Arbeit wird nur der Werktagsverkehr betrachtet.

4) Vgl. PRIGGE, E.: Determinanten der Nachfrage und Ordnungsmöglichkeiten im Personennahverkehr, Münster 1967, S. 27.

5) Vgl. EFFMERT, W.: Das Problem der Verkehrsspitzen. In: Deutsche Bundesbahn, 4o Jg., Darmstadt 1966, S. 12-21.

6) Vgl. MÄCKE P.A./HÖLSKEN, D., a.a.O., S. 18-27.

Sie kommen dabei zu den in der folgenden Tabelle 2-4 für jede Tagesstunde t dargestellten Prozentanteilen VA_t des Verkehrsaufkommens.

Tabelle 2-4: Verkehrsaufkommen der einzelnen Tagesstunden bezogen auf den Tagesgesamtverkehr

Zeit t	Prozentanteil VA_t	Zeit t	Prozentanteil VA_t
1	0,0	13	4,7
2	0,0	14	4,9
3	0,0	15	4,7
4	0,1	16	5,7
5	0,1	17	9,0
6	1,3	18	10,2
7	4,9	19	8,0
8	10,2	20	7,1
9	5,6	21	4,4
10	3,9	22	3,2
11	3,9	23	2,9
12	4,2	24	1,0

MÄCKE/HÖLSKEN prognostizieren nun für sechs verschiedene Erschließungsnetze die Verkehrsnachfrage für den morgendlichen Spitzenverkehr von 5 bis 9 Uhr.[1] Das Erschließungsmodell 6[2] enthält als einziges Modell alle Streckenabschnitte des in dieser Arbeit betrachteten Verkehrsnetzes. Deshalb werden in dieser Arbeit die für dieses Netz prognostizierten Zahlen zugrundegelegt.[3]

1) Vgl. MÄCKE, P.A./HÖLSKEN, D., a.a.O. S. 31-54
2) Vgl. MÄCKE, P.A./HÖLSKEN, D., a.a.O. Anlage 18
3) Vgl. MÄCKE, P.A./HÖLSKEN, D., a.a.O. Anlage 18

Zusätzlich werden noch die folgenden Annahmen gemacht: In jeder Stunde muß auf jedem Streckenabschnitt m i n d e s t e n s eine gewisse Zahl von Fahrzeugen verkehren, und zwar in den verkehrsstarken Zeiten von 6 bis 9 Uhr und von 16 bis 19 Uhr mindestens 4 Züge pro Stunde, in der Nachtzeit von 1 bis 4 Uhr mindestens ein Zug pro Stunde und in den übrigen Zeiten mindestens 2 Züge pro Stunde.[1] Diese Maßnahme soll auch in verkehrsschwachen Zeiten und auf Streckenabschnitten mit geringer Verkehrsnachfrage einen attraktiven Fahrplan erbringen.

Eine gewisse H ö c h s t z a h l an Zügen darf ebenfalls nicht überschritten werden: Bei der vorgegebenen Mindestzugfolgezeit von 2 Minuten[2] können in einer Stunde maximal MAZ = 3o Fahrzeuge einen Streckenabschnitt befahren.

Weiter wird angenommen, daß in jeder Stunde auf jedem Streckenabschnitt genau so viele Fahrzeugeinheiten einzusetzen sind, daß gerade alle Personen, die in dieser Stunde den Abschnitt befahren wollen, befördert werden können, wobei natürlich mindestens so viele Fahrzeugeinheiten einzusetzen sind, daß die Mindestzugzahl erreicht wird. Außerdem wird auf den beiden zwischen zwei benachbarten Depotpunkten in entgegengesetzter Richtung verlaufenden Streckenabschnitten |i| und |i*| jeweils in einer Stunde die gleiche Zahl an Fahrzeugeinheiten eingesetzt. Durch diese Annahme wird erreicht, daß in keinem Depotpunkt ein Überschuß oder Fehlbedarf an Fahrzeugeinheiten entsteht.[3]

---

1) Vgl. HARRES, H., Wandlungen der Konzeption für das S-Bahnnetz im Ruhrgebiet, insbesondere für Baumaßnahmen der Ausbaustufe I. In: Die Bundesbahn, 43. Jg., Darmstadt 1969, S. 1o27

2) Vgl. S. 17

3) Vgl. S. 75

Die folgende Tabelle 2-5 enthält jeweils für zwei in entgegengesetzter Richtung verlaufende Streckenabschnitte |i| und |i*| die maximale Zahl der Personen ZM_i, die einen der beiden Streckenabschnitte zwischen 5 und 9 Uhr befahren werden.[1)]

Tabelle 2-5: Zahl der zwischen 5 und 9 Uhr auf dem S-Bahnnetz Ruhrgebiet zu befördernden Personen

Streckenabschnitt |i|	Zahl der Personen ZM_i
|1| |1*|	14930
|2| |2*|	24620
|3| |3*|	31710
|4| |4*|	33730
|5| |5*|	33730
|6| |6*|	23730
|7| |7*|	25600
|8| |8*|	8120
|9| |9*|	9390
|10| |10*|	20400
|11| |11*|	6280
|12| |12*|	16570
|13| |13*|	20080
|14| |14*|	19900
|15| |15*|	12580
|16| |16*|	6130

1) Vgl. MÄCKE, P.A./HÖLSKEN, D., a.a.O. Anlage 18

Aus Tabelle 2-4 ist ersichtlich, daß auf die Morgenzeit von 5 bis 9 Uhr ein Verkehrsanteil von 22% entfällt. Mit den Werten aus Tabelle 2-4 und Tabelle 2-5 kann man nun für jede Stunde t und für jeden Streckenabschnitt i die Zahl der zu befördernden Personen $r_{i,t}$ ermitteln, und zwar gilt:

$$r_{i,t} = ZM_i \cdot VA_t / 22 \qquad (2.2)$$

Da mit einer Fahrzeugeinheit des S-Bahn-Triebwagens 420 Personen befördert werden können, ergibt der Quotient $r_{i,t}/420$ die Zahl der Fahrzeugeinheiten, die man mindestens benötigt, um $r_{i,t}$ Personen zu befördern. Der Quotient $r_{i,t}/420$ wird in der Regel nicht ganzzahlig sein. Da aber nur ganzzahlige Fahrzeugeinheiten eingesetzt werden können, ist die Zahl der Einheiten, die man mindestens benötigt, um $r_{i,t}$ Personen befördern zu können, gleich

$$INT\ (r_{i,t}/420) + 1^{1)}$$

Berücksichtigt man noch die Mindestzugzahl MIZ_t, dann beträgt die Zahl der Fahrzeugeinheiten $Z_{i,t}$, die in einer Stunde t auf einem Streckenabschnitt i einzusetzen sind:

$$Z_{i,t} = \max\ (MIZ_t,\ INT\ (r_{i,t}/420) + 1) \qquad (2.2)$$

---

1) Die Funktion b = INT (a) ist folgendermaßen definiert: b ist die größte ganze Zahl, die kleiner als a ist. Vgl. IBM Systemliteratur, FORTRAN IV, 1968, S. 72.

Die F a h r z e u g h ä u f i g k e i t $FZ_{i,t}$, d.h. die Zahl der Fahrzeuge, die in der Stunde t den Streckenabschnitt (i) befahren, hängt davon ab, zu welchen Fahrzeugtypen[1] die benötigten Fahrzeugeinheiten - $Z_{i,t}$ - zusammengesetzt werden. Sollen z.B. $Z_{i,t}$ = 30 Fahrzeugeinheiten eingesetzt werden, so liegt die Fahrzeughäufigkeit je nach Zusammensetzung zwischen 10 (nur Fahrzeugtyp 3) und 30 (nur Fahrzeugtyp 1). Diese Spannbreite kann durch die vorgegebenen minimalen und maximalen Fahrzeughäufigkeiten - MIZ_t und MAZ = 30-noch verringert werden.

Bezeichnet man die untere Grenze der Fahrzeughäufigkeiten mit $\underline{FZ_{i,t}}$ und die obere Grenze mit $\overline{FZ_{i,t}}$, so gilt:

$$\underline{FZ_{i,t}} \leq FZ_{i,t} \leq \overline{FZ_{i,t}} \qquad (2.3)$$

mit

$$\underline{FZ_{i,t}} = \max\ (MIZ_t,\ INT\ (Z_{i,t}/3) + 1)$$

$$\overline{FZ_{i,t}} = \min\ (MAZ,\ Z_{i,t})$$

Aufgrund von (2.3) gilt damit:

$$\underline{FZ_{i,t}} \leq \overline{FZ_{i,t}} \leq Z_{i,t} \qquad (2.4)$$

Die folgende Tabelle 2-6 enthält für jede Stunde t und jeden Streckenabschnitt (i) die Werte für $Z_{i,t}$, $\underline{FZ_{i,t}}$ und $\overline{FZ_{i,t}}$.

---

1) Vgl. S. 14

Tabelle 2-6: Zahl der auf den Streckenabschnitten des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet in den einzelnen Stunden einzusetzenden Fahrzeugeinheiten und untere und obere Grenze der Fahrzeughäufigkeiten

Zeit	0 - 1 Uhr			1 - 2 Uhr			2 - 3 Uhr			3 - 4 Uhr		
Streckenabschnitt $\|i\|$	$\underline{FZ_{i,1}}$	$\overline{FZ_{i,1}}$	$Z_{i,1}$	$\underline{FZ_{i,2}}$	$\overline{FZ_{i,2}}$	$Z_{i,2}$	$\underline{FZ_{i,3}}$	$\overline{FZ_{i,3}}$	$Z_{i,3}$	$\underline{FZ_{i,4}}$	$\overline{FZ_{i,4}}$	$Z_{i,4}$
|1| |1*|	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
|2| |2*|	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
|3| |3*|	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
|4| |4*|	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
|5| |5*|	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
|6| |6*|	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
|7| |7*|	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
|8| |8*|	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
|9| |9*|	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
|10| |10*|	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
|11| |11*|	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
|12| |12*|	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
|13| |13*|	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
|14| |14*|	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
|15| |15*|	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
|16| |16*|	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabelle 2-6: Zahl der auf den Streckenabschnitten des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet in den einzelnen Stunden einzusetzenden Fahrzeugeinheiten und untere und obere Grenze der Fahrzeughäufigkeiten (1. Fortsetzung).

Zeit	4 - 5 Uhr			5 - 6 Uhr			6 - 7 Uhr			7 - 8 Uhr		
Streckenabschnitt $\|i\|$	$\underline{FZ_{i,5}}$	$\overline{FZ_{i,5}}$	$Z_{i,5}$	$\underline{FZ_{i,6}}$	$\overline{FZ_{i,6}}$	$Z_{i,6}$	$\underline{FZ_{i,7}}$	$\overline{FZ_{i,7}}$	$Z_{i,7}$	$\underline{FZ_{i,8}}$	$\overline{FZ_{i,8}}$	$Z_{i,8}$
|1| |1*|	2	2	2	2	3	3	4	8	8	6	17	17
|2| |2*|	2	2	2	2	4	4	5	14	14	10	28	28
|3| |3*|	2	2	2	2	5	5	6	17	17	12	30	36
|4| |4*|	2	2	2	2	5	5	6	18	18	13	30	38
|5| |5*|	2	2	2	2	5	5	6	18	18	13	30	38
|6| |6*|	2	2	2	2	4	4	5	13	13	9	27	27
|7| |7*|	2	2	2	2	4	4	5	14	14	10	29	29
|8| |8*|	2	2	2	2	2	2	4	5	5	4	9	9
|9| |9*|	2	2	2	2	2	2	4	5	5	4	11	11
|10| |10*|	2	2	2	2	3	3	4	11	11	8	23	23
|11| |11*|	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	7	7
|12| |12*|	2	2	2	2	2	3	4	9	9	7	19	19
|13| |13*|	2	2	2	2	3	3	4	11	11	8	23	23
|14| |14*|	2	2	2	2	3	3	4	11	11	8	22	22
|15| |15*|	2	2	2	2	2	2	4	7	7	5	14	14
|16| |16*|	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	7	7

Tabelle 2-6: Zahl der auf den Streckenabschnitten des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet in den einzelnen Stunden einzusetzenden Fahrzeugeinheiten und untere und obere Grenze der Fahrzeughäufigkeiten (2. Fortsetzung).

Zeit	8 - 9 Uhr			9 - 1o Uhr			1o - 11 Uhr			11 - 12 Uhr		
Streckenabschnitt |i|	$\underline{FZ_{i,9}}$	$\overline{FZ_{i,9}}$	$Z_{i,9}$	$\underline{FZ_{i,1o}}$	$\overline{FZ_{i,1o}}$	$Z_{i,1o}$	$\underline{FZ_{i,11}}$	$\overline{FZ_{i,11}}$	$Z_{i,11}$	$\underline{FZ_{i,12}}$	$\overline{FZ_{i,12}}$	$Z_{i,12}$
|1| |1*|	4	10	10	3	7	7	3	7	7	3	7	7
|2| |2*|	5	15	15	4	11	11	4	11	11	4	12	12
|3| |3*|	7	20	20	5	14	14	5	14	14	5	15	15
|4| |4*|	7	21	21	5	15	15	5	15	15	6	16	16
|5| |5*|	7	21	21	5	15	15	5	15	15	6	16	16
|6| |6*|	5	15	15	4	11	11	4	11	11	4	11	11
|7| |7*|	6	16	16	4	11	11	4	11	11	4	12	12
|8| |8*|	4	5	5	2	4	4	2	4	4	2	4	4
|9| |9*|	4	6	6	2	4	4	2	4	4	2	5	5
|1o| |1o*|	5	13	13	3	9	9	3	9	9	4	1o	1o
|11| |11*|	4	4	4	2	3	3	2	3	3	2	3	3
|12| |12*|	4	11	11	3	7	7	3	7	7	3	8	8
|13| |13*|	5	13	13	3	9	9	3	9	9	4	1o	1o
|14| |14*|	5	13	13	3	9	9	3	9	9	4	1o	1o
|15| |15*|	4	8	8	2	6	6	2	6	6	2	6	6
|16| |16*|	4	4	4	2	3	3	2	3	3	2	3	3

Tabelle 2-6: Zahl der auf den Streckenabschnitten des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet in den einzelnen Stunden einzusetzenden Fahrzeugeinheiten und untere und obere Grenze der Fahrzeughäufigkeiten (3. Fortsetzung).

Zeit	12 - 13 Uhr			13 - 14 Uhr			14 - 15 Uhr			15 - 16 Uhr		
Streckenabschnitt |i|	$\underline{FZ_{i,13}}$	$\overline{FZ_{i,13}}$	$Z_{i,13}$	$\underline{FZ_{i,14}}$	$\overline{FZ_{i,14}}$	$Z_{i,14}$	$\underline{FZ_{i,15}}$	$\overline{FZ_{i,15}}$	$Z_{i,15}$	$\underline{FZ_{i,16}}$	$\overline{FZ_{i,16}}$	$Z_{i,16}$
|1| |1*|	3	8	8	3	8	8	3	8	8	4	10	10
|2| |2*|	5	13	13	5	14	14	5	14	13	6	16	16
|3| |3*|	6	17	17	6	17	17	6	17	17	7	20	20
|4| |4*|	6	18	18	6	18	18	6	18	18	7	21	21
|5| |5*|	6	18	18	6	18	18	6	18	18	7	21	21
|6| |6*|	5	13	13	5	13	13	5	13	13	5	15	15
|7| |7*|	5	14	14	5	14	14	5	14	14	6	16	16
|8| |8*|	2	5	5	2	5	5	2	5	5	2	6	6
|9| |9*|	2	5	5	2	5	5	2	5	5	2	6	6
|10| |10*|	4	11	11	4	11	11	4	11	11	5	13	13
|11| |11*|	2	4	4	2	4	4	2	4	4	2	4	4
|12| |12*|	3	9	9	3	9	9	3	9	9	4	11	11
|13| |13*|	4	11	11	4	11	11	4	11	11	5	13	13
|14| |14*|	4	11	11	4	11	11	4	11	11	5	13	13
|15| |15*|	3	7	7	3	7	7	3	7	7	3	8	8
|16| |16*|	2	4	4	2	4	4	2	4	4	2	4	4

Tabelle 2-6: Zahl der auf den Streckenabschnitten des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet in den einzelnen Stunden einzusetzenden Fahrzeugeinheiten und untere und obere Grenze der Fahrzeughäufigkeiten (4. Fortsetzung).

Zeit	16 - 17 Uhr			17 - 18 Uhr			18 - 19 Uhr			19 - 2o Uhr		
Streckenabschnitt |i|	$\underline{FZ_{i,17}}$	$\overline{FZ_{i,17}}$	$Z_{i,17}$	$\underline{FZ_{i,18}}$	$\overline{FZ_{i,18}}$	$Z_{i,18}$	$\underline{FZ_{i,19}}$	$\overline{FZ_{i,19}}$	$Z_{i,19}$	$\underline{FZ_{i,2o}}$	$\overline{FZ_{i,2o}}$	$Z_{i,2o}$
|1| |1*|	5	15	15	6	17	17	5	13	13	4	12	12
|2| |2*|	8	24	24	10	28	28	8	22	22	7	19	19
|3| |3*|	11	30	31	12	30	36	10	28	28	9	25	25
|4| |4*|	11	30	33	13	30	38	10	30	30	9	26	26
|5| |5*|	11	30	33	13	30	38	10	30	30	9	26	26
|6| |6*|	8	24	24	9	27	27	7	21	21	7	19	19
|7| |7*|	9	25	25	10	29	29	8	23	23	7	20	20
|8| |8*|	4	8	8	4	9	9	4	8	8	3	7	7
|9| |9*|	4	10	10	4	11	11	4	9	9	3	8	8
|10| |10*|	7	20	20	8	23	23	6	18	18	6	16	16
|11| |11*|	4	7	7	4	7	7	4	6	6	2	5	5
|12| |12*|	6	17	17	7	19	19	5	15	15	5	13	13
|13| |13*|	7	20	20	8	23	23	6	18	18	6	16	16
|14| |14*|	7	20	20	8	22	22	6	18	18	6	16	16
|15| |15*|	5	13	13	5	14	14	4	11	11	4	10	10
|16| |16*|	4	6	6	4	7	7	4	6	6	2	5	5

Tabelle 2-6: Zahl der auf den Streckenabschnitten des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet in den einzelnen Stunden einzusetzenden Fahrzeugeinheiten und untere und obere Grenze der Fahrzeughäufigkeiten (5. Fortsetzung).

Zeit	20 - 21 Uhr			21 - 22 Uhr			22 - 23 Uhr			23 - 24 Uhr		
Streckenabschnitt $\|i\|$	$\underline{FZ_{i,21}}$	$\overline{FZ_{i,21}}$	$Z_{i,21}$	$\underline{FZ_{i,22}}$	$\overline{FZ_{i,22}}$	$Z_{i,22}$	$\underline{FZ_{i,23}}$	$\overline{FZ_{i,23}}$	$Z_{i,23}$	$\underline{FZ_{i,24}}$	$\overline{FZ_{i,24}}$	$Z_{i,24}$
|1| |1*|	3	8	8	2	6	6	2	5	5	2	2	2
|2| |2*|	4	12	12	3	9	9	3	8	8	2	3	3
|3| |3*|	6	16	16	4	11	11	4	10	10	2	4	4
|4| |4*|	6	17	17	4	12	12	4	11	11	2	4	4
|5| |5*|	6	17	17	4	12	12	4	11	11	2	4	4
|6| |6*|	4	12	12	3	9	9	3	8	8	2	3	3
|7| |7*|	5	13	13	3	9	9	3	9	9	2	3	3
|8| |8*|	2	4	4	2	3	3	2	3	3	2	2	2
|9| |9*|	2	5	5	2	4	4	2	3	3	2	2	2
|10| |10*|	4	10	10	3	8	8	3	7	7	2	3	3
|11| |11*|	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2
|12| |12*|	3	8	8	2	6	6	2	6	6	2	2	2
|13| |13*|	4	10	10	3	7	7	3	7	7	2	3	3
|14| |14*|	4	10	10	3	7	7	3	7	7	2	3	3
|15| |15*|	2	6	6	2	5	5	2	4	4	2	2	2
|16| |16*|	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2

3 GRUNDSÄTZE DER FAHRPLANBILDUNG

3.1 Die Komponenten eines Globalansatzes

3.1.1 Fahrzeughäufigkeit und Kapazität

Die Fahrzeughäufigkeit $FZ_{i,t}$, d.h. die Zahl der Fahrzeuge, die in der Stunde t den Streckenabschnitt $|i|$ befahren, ist eine unbekannte Größe, die durch ein Globalmodell zu bestimmen ist. Gegeben sind lediglich eine obere und untere Schranke für $FZ_{i,t}$[1], d.h. es gilt:

$$\underline{FZ_{i,t}} \leq FZ_{i,t} \leq \overline{FZ_{i,t}} \qquad (3.1)$$

Die Variablenzahl eines Globalmodells wird durch die Fahrtenzahl $FZ_{i,t}$ bestimmt. Da $FZ_{i,t}$ zunächst noch eine unbekannte Größe ist, wird in dieser Arbeit die vorgegebene obere Schranke $\overline{FZ_{i,t}}$ benutzt, um ein Modell mit einer bekannten Variblenzahl formulieren zu können. Zunächst wird eine Null-Eins-Variable[2] $a^n_{i,t}$ eingeführt, für die gilt:

$$\sum_{n=1}^{\overline{FZ_{i,t}}} a^n_{i,t} = FZ_{i,t} \quad \text{mit} \quad a^n_{i,t} = 0 \text{ oder } 1 \qquad (3.2)$$

Ist die Varibale $a^n_{i,t}$ gleich Eins, findet eine Fahrt auf dem Streckenabschnitt $|i|$ statt. Hat $a^n_{i,t}$ den Wert Null, wird keine Fahrt durchgeführt. Außerdem besagt die Bedingung (3.2), daß in der Stunde t auf dem Abschnitt $|i|$ insgesamt $FZ_{i,t}$ Fahrten erfolgen.

Eine Fahrt $a^n_{i,t} = 1$ kann mit dem Fahrzeugtyp 1, 2 oder 3 erfolgen.[3] Bezeichnet man den Fahrzeugtyp der Fahrt $a^n_{i,t}$, mit $a^n_{i,t}$, so gilt die folgende Beziehung:

---

1) Vgl. S. 23

2) Vgl. UEBE, G., Optimale Fahrpläne, Berlin-Heidelberg-New York 1970, S. 123

3) Vgl. S. 14

$$a^n_{i,t} \leq 3 \cdot \alpha^n_{i,t} \qquad (3.3)$$

$a^n_{i,t}$ ganzzahlig

Durch diese Ungleichung wird auch erreicht, daß die Kapazität $a^n_{i,t}$ gleich Null ist, wenn $\alpha^n_{i,t}$ gleich Null ist, d.h. wenn keine Fahrt stattfindet. Insgesamt müssen in einer Stunde t $Z_{i,t}$ Fahrzeugeinheiten auf dem Streckenabschnitt $|i|$ eingesetzt werden.[1] Damit gilt folgende Gleichung:

$$\sum_{n=1}^{\overline{FZ_{i,t}}} a^n_{i,t} = Z_{i,t} \qquad (3.4)$$

3.1.2 Die zeitliche Struktur

Für jede Fahrt $\alpha^n_{i,t} = 1$ muß die Abfahrtzeit[2] $AB^n_{i,t}$ festgelegt werden. Da die Beförderungszeiten auf den einzelnen Streckenabschnitten bekannt sind[3], wird damit gleichzeitig die Ankunftszeit am Ende des Abschnitts festgelegt.

Weil die genaue Verteilung der Verkehrsnachfrage innerhalb einer Stunde t nicht bekannt ist, wird angenommen, daß die Verkehrsnachfrage auf einem Streckenabschnitt gleichmäßig über die Periode t verteilt ist. Deshalb sind die $FZ_{i,t}$ Fahrten möglichst gleichmäßig über die ganze Stunde t zu verteilen. Eine Fahrt $\alpha^n_{i,t} = 1$ kann also nicht an jedem beliebigen Zeitpunkt innerhalb der Periode t beginnen, sondern nur innerhalb eines Teilintervalls $\left[\underline{AB^n_{i,t}}, \overline{AB^n_{i,t}}\right]$ der Periode t. Es gilt damit:

$$\underline{AB^n_{i,t}} \leq AB^n_{i,t} \leq \overline{AB^n_{i,t}} \qquad (3.5)$$

---

1) Vgl. S. 22

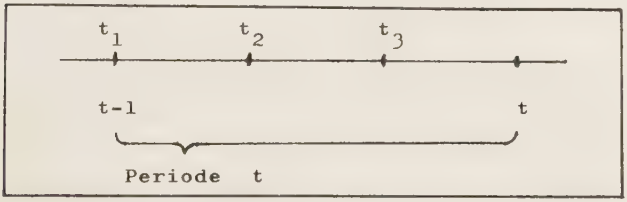
2) Vgl. UEBE, G., a.a.O, S. 1

3) Vgl. S. 15

4) Vgl. UEBE, G., a.a.O, S. 133

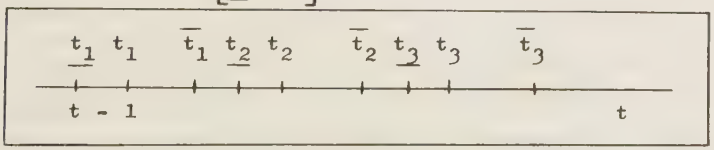
Wie man die Zeitintervalle legen kann, soll an einem Beispiel veranschaulicht werden:
In der Stunde t sollen $FZ_{i,t} = 3$ Fahrzeuge den Streckenabschnitt $|i|$ befahren. Eine vollkommen gleichmäßige Verteilung der Fahrten auf die Periode t wäre z.B. dann erreicht, wenn die erste Abfahrt zum Zeitpunkt $t_1 = t - 1$, die zweite Abfahrt zum Zeitpunkt $t_2 = t - 1 + 1/3$ und die dritte Abfahrt zum Zeitpunkt $t_3 = t - 1 + 2/3$ stattfinden würde. Die folgende Abbildung 3-1 veranschaulicht diesen Sachverhalt.

Abbildung 3-1: Abfahrzeitpunkte t_1, t_2 und t_3 von 3 Fahrten bei vollkommen gleichmäßiger Verteilung



Um die drei Zeitpunkte t_1, t_2 und t_3 werden nun, wie in Abbildung 3-2 dargestellt, Zeitintervalle $\left[\underline{t_1}, \overline{t_1}\right]$, $\left[\underline{t_2}, \overline{t_2}\right]$ und $\left[\underline{t_3}, \overline{t_3}\right]$ gelegt. Die Abfahrten können nun innerhalb dieser Zeitintervalle stattfinden.

Abbildung 3-2: Abfahrintervalle $\left[\underline{t_1}, \overline{t_1}\right]$, $\left[\underline{t_2}, \overline{t_2}\right]$ und $\left[\underline{t_3}, \overline{t_3}\right]$ von 3 Fahrten



Für eine Abfahrt $AB^n_{i,t}$ gilt jetzt $\underline{t_n} \leq AB^n_{i,t} \leq \overline{t_n}$, wobei $t_n = t - 1 + (n - 1 - u)/3$ und $t_n = t - 1 + (n - 1 + v)/3$ ist.

Durch die beiden nichtnegativen Parameter u, v wird die Intervallbreite gesteuert. Für $u = v = o$ schrumpfen die Intervalle auf die Zeitpunkte t_1, t_2, t_3 zusammen; mit steigen-

dem u und v vergrößert sich die Intervallbreite[1].

Welche Werte für u und v im Hinblick auf die Zielrichtung des Modells optimal sind, läßt sich exakt nicht angeben. Man kann nur durch Parametervariation und Vergleich der Ergebnisse die "optimalen" Werte iterativ ermitteln.

Dem obigen Beispiel entsprechend, kann man nun die untere Grenze $\underline{AB^n_{i,t}}$ und die obere Grenze $\overline{AB^n_{i,t}}$ einer Abfahrt $AB^n_{i,t}$ festlegen. Es gilt:[2]

$$\underline{AB^n_{i,t}} = t\text{-}1 + \Big(\sum_{m=1}^{n-1} a^m_{i,t} - u \Big) / FZ_{i,t} \cdot a^n_{i,t} \qquad (3.6)$$

$$\overline{AB^n_{i,t}} = t\text{-}1 + \Big(\sum_{m=1}^{n-1} a^m_{i,t} + v \Big) / FZ_{i,t} \cdot a^n_{i,t}$$

$u, v \geq 0$ und $u + v < 1$

Zwischen zwei aufeinanderfolgenden Abfahrten muß wenigstens die Mindestzugfolgezeit MFZ = 2 Minuten liegen.[3] Dies wird durch die folgende Bedingung erreicht:[4]

$$(AB^n_{i,t} - AB^m_{i,t^*}) \cdot a^n_{i,t} \geq MFZ \cdot a^n_{i,t} \qquad (3.7)$$

$t^* \leq t \quad m < n$

---

1) Vgl. S. 61 und Kapitel 4 S. 83 ff

2) Die Multiplikation mit $a^n_{i,t}$ bewirkt, daß $AB^n_{i,t} = 0$ ist, wenn $a^n_{i,t} = 0$ ist, d.h. wenn keine Fahrt stattfindet.

3) Vgl. S. 17

4) Da noch nicht bekannt ist, welche Abfahrt der Fahrt $a^n_{i,t}$ unmittelbar vorausgeht - eine oder mehrere der AB^k_{i,t^*} können den Wert Null annehmen - muß für alle $t^* \leq t$ und $m < n$ Bedingung (3.7) überprüft werden. Die Multiplikation mit $a^n_{i,t}$ ist notwendig, um den Fall $a^n_{i,t} = 0$ mit zu erfassen.

Zur Technik der Formulierung solcher Probleme vgl. DANTZIG, G.B. Lineare Programmierung und Erweiterungen, Berlin-Heidelberg-New York, 1966, S. 6o8 - 624

Zusätzliche Bedingungen für die Abfahrzeit, die durch den Fahrzeugeinsatz und die Beachtung von Umsteigemöglichkeiten entstehen, werden im nächsten Unterabschnitt behandelt.

3.1.3 Der Fahrzeugeinsatz

Ein wichtiges Problem, das im Rahmen eines Fahrplanmodells zu lösen ist, ist das Problem des Fahrzeugeinsatzes[1], d.h. die Frage, woher kommen die für die Fahrt $a^n_{i,t}$ benötigten Fahrzeugeinheiten $a^n_{i,t}$ und was geschieht nach der Ankunft am Ende des Streckenabschnitts $|i|$ mit diesen Einheiten, muß beantwortet werden.

Die für die Fahrt $a^n_{i,t}$ benötigten Einheiten $a^n_{i,t}$ können aus bis zu drei Quellen stammen. (p) sei der Depotpunkt, an dem der Streckenabschnitt $|i|$ beginnt. $|h|$ sei ein Streckenabschnitt, dessen Endstation der Depotpunkt (p) ist[2]. Zunächst besteht die Möglichkeit, daß die Fahrt $a^n_{i,t}$ eine d i r e k t e Fortsetzung einer Fahrt a^m_{h,t^*} ist, d.h. ein Fahrzeug befährt als Fahrt a^m_{h,t^*} den Streckenabschnitt $|h|$ mit der Endstation (p), hält in (p) und fährt als Fahrt $a^n_{i,t}$ auf dem Streckenabschnitt $|i|$ weiter. Hierbei gilt natürlich, daß $t^* \leq t$ sein muß. Auf die genauen zeitlichen Bedingungen für eine direkte Fortsetzung wird noch eingegangen.[3]

Die zweite Möglichkeit ist, daß die Fahrt $a^n_{i,t}$ eine i n d i r e k t e Fortsetzung einer Fahrt a^m_{h,t^*} ist. Eine indirekte Fortsetzung liegt dann vor, wenn von einem Fahrzeug, das als Fahrt a^m_{h,t^*} den Streckenabschnitt $|h|$ bis zur Endstation (p) befährt, Fahrzeugeinheiten an der Station (p) eine gewisse Zeit aus dem Verkehr gezogen werden, die dann später wieder zur Station (p) gebracht werden

---

1) Vgl. UEBE, G., a.a.O, S. 1

2) Vgl. S. 9

3) Vgl. S. 39

und für die Fahrt $a^n_{j,t}$ auf dem Streckenabschnitt |i| eingesetzt werden.

Vom Streckenabschnitt |i*|, der auf dem Parallelgleis von Abschnitt |i| aber in entgegengesetzter Richtung verläuft,[1] ist zum Abschnitt |i| z.B. nur eine indirekte Fortsetzung möglich, da der notwendige Gleiswechsel ein Verlassen der Station erfordert. Von allen anderen Streckenabschnitten, die an der Anfangstation des Abschnitts |i| enden, sind direkte u n d indirekte Fortsetzungen möglich. Beim S-Bahnnetz Ruhrgebiet[2] sind z.B. zum Streckenabschnitt |2|, der in Mülheim (Ruhr) - Styrum beginnt und in Essen-West endet, direkte und indirekte Fortsetzungen von den Abschnitten |1| und |9| und vom Abschnitt |2*| nur indirekte Fortsetzungen möglich.

Gelingt es nicht mit Hilfe der direkten und indirekten Fortsetzung, den Bedarf an Fahrzeugeinheiten für die Fahrt $a^n_{i,t}$ zu decken, muß man auf einen im Depot der Anfangsstation (p) zur Verfügung stehenden Grundvorrat an Fahrzeugeinheiten zurückgreifen.

Mit $b^m_{h,t^*\,i,t}{}^n$ bezeichnet man die Zahl an Fahrzeugeinheiten, die von der Fahrt $a^m_{h,t}$ bei einer direkten Fortsetzung bei der Fahrt $a^n_{i,t}$ eingesetzt werden. Entsprechend wird die Zahl der bei einer indirekten Fortsetzung verwendeten Einheiten mit $c^m_{h,t^*\,i,t}{}^n$ gekennzeichnet. $e^n_{i,t}$ ist die Zahl der Fahrzeugeinheiten, die aus dem Grundvorrat des Depots der Anfangstation des Streckenabschnitts |i| entnommen werden. Mit D(i) soll hier die Menge der Streckenabschnitte bezeichnet werden, von denen aus eine direkte Fortsetzung zum Abschnitt |i| möglich ist. Entsprechend ist dann E(i) die Menge der Streckenabschnitte, von denen aus eine indirekte Fortsetzung zum Abschnitt |i| erfolgen kann.

---

1) Vgl. S. 12

2) Vgl. Abbildung 2-1, S. 11

Dann gilt:

$$a^n_{i,t} = \sum_{t^* \leq t} \sum_{h \in D(i)} \sum_m b^m_{h,t^*} \, {}^n_{i,t} + \sum_{t^* \leq t} \sum_{h \in E(i)} \sum_m c^m_{h,t^*} \, {}^n_{i,t} + e^n_{i,t} \qquad (3.8)$$

Es ist nun die Frage zu beantworten, was geschieht nach Beendigung der Fahrt $a^n_{i,t}$ mit den $a^n_{i,t}$ Fahrzeugeinheiten. (q) sei der Depotpunkt, an dem der Streckenabschnitt |i| endet. |j| sei ein Streckenabschnitt, dessen Anfangsstation der Depotpunkt (q) ist. Auch hier bestehen drei Möglichkeiten - direkte Weiterführung von $b^n_{i,t} \, {}^o_{j,t^*}$ Fahrzeugeinheiten zur Fahrt a^o_{j,t^*}, indirekte Weiterführung von $c^n_{i,t} \, {}^o_{j,t^*}$ Einheiten zur Fahrt a^o_{j,t^*} und endgültiges Abstellen von $d^n_{i,t}$ Fahrzeugeinheiten im Depot der Endstation (q) des Streckenabschnitts |i| . Entsprechend Formel (3.8) ist F(i) bzw. G(i) die Menge der Streckenabschnitte, nach denen von Abschnitt |i| eine direkte bzw. indirekte Fortsetzung möglich ist.

Damit gilt:

$$a^n_{i,t} = \sum_{t^* \geq t} \sum_{j \in F(i)} \sum_o b^n_{i,t} \, {}^o_{j,t^*} + \sum_{t^* \geq t} \sum_{j \in G(i)} \sum_o c^n_{i,t} \, {}^o_{j,t^*} + d^n_{i,t} \qquad (3.9)$$

Die Bedingung, daß die Zahl der Fahrzeugeinheiten, die im Laufe eines Tages dem Depot eines Depotpunktes entnommen werden, mit der Zahl der Einheiten, die im Depot abgestellt werden, übereinstimmen muß, braucht hier nicht gesondert formuliert zu werden, da diese Bedingung durch die Annahmen der Untersuchung automatisch erfüllt ist.[1)]

Für die Formulierung der zeitlichen Restriktionen, die bei der direkten und indirekten Fortsetzung zu beachten sind,

---

1) Vgl. S. 20

werden noch die drei Null-Eins Variablen $\beta^{n\ o}_{i,t\ j,t^*}$, $\gamma^{n\ o}_{i,t\ j,t^*}$ und $\varepsilon^{n\ o}_{i,t\ j,t^*}$ benötigt.

Die Variable $\beta^{n\ o}_{i,t\ j,t^*}$, gibt an, ob die Fahrt a^o_{j,t^*} eine direkte Fortsetzung der Fahrt $a^n_{i,t}$ ist, oder nicht; d.h. $\beta^{n\ o}_{i,t\ j,t^*}$ ist gleich Eins, wenn $b^{n\ o}_{i,t\ j,t^*}$ größer als Null ist; sonst ist $\beta^{n\ o}_{i,t\ j,t^*}$ gleich Null. Dieser Sachverhalt läßt sich durch die folgenden Ungleichungen ausdrücken:

$$\beta^{n\ o}_{i,t\ j,t^*} \leq b^{n\ o}_{i,t\ j,t^*} \tag{3.1o}$$

$$3 \cdot \beta^{n\ o}_{i,t\ j,t^*} \geq b^{n\ o}_{i,t\ j,t^*} \tag{3.11}$$

$$\sum_{t^* \geq t} \sum_{j \in F(i)} \sum_{o} \beta^{n\ o}_{i,t\ j,t^*} \leq 1 \tag{3.12}$$

Die letzte Ungleichung besagt außerdem, daß höchstens eine direkte Fortsetzung einer Fahrt $a^n_{i,t}$ möglich ist.

Die Null-Eins Variable $\gamma^{n\ o}_{i,t\ j,t^*}$ gibt an, ob die Fahrt a^o_{j,t^*} eine indirekte Fortsetzung der Fahrt $a^n_{i,t}$ ist oder nicht. Hier gelten dann die folgenden Ungleichungen:

$$3 \cdot \gamma^{n\ o}_{i,t\ j,t^*} \geq c^{n\ o}_{i,t\ j,t^*} \tag{3.13}$$

$$\gamma^{n\ o}_{i,t\ j,t^*} \leq c^{n\ o}_{i,t\ j,t^*} \tag{3.14}$$

$$\gamma^{n\ o}_{i,t\ j,t^*} \leq 1 \text{ und ganzzahlig} \tag{3.15}$$

Bei einer direkten Fortsetzung $\beta^{n\ o}_{i,t\ j,t^*} = 1$ sind zwei Fälle zu unterscheiden. Im ersten Fall sind die Kapazitäten $a^n_{i,t}$ und a^o_{j,t^*} der beiden Fahrten $a^n_{i,t}$ und a^o_{j,t^*} gleich.

Dann ist die Abfahrtzeit $AB^o_{j,t*}$ der Fahrt $a^o_{j,t*}$ gleich der Abfahrtzeit $AB^n_{i,t}$ addiert und der Beförderungszeit auf dem Streckenabschnitt |i| BZ_i [1] und der Haltezeit am Ende des Abschnitts |i| HZ_i [2], d.h.

$$AB^o_{j,t*} = AB^n_{i,t} + BZ_i + HZ_i$$

Sind die beiden Kapazitäten $a^n_{i,t}$ und $a^o_{j,t*}$ nicht gleich, müssen am Ende des Abschnitts |i| Fahrzeugeinheiten an- bzw. abgehängt werden. Für dieses Rangiermanöver wird die Koppelzeit KZ_i [3] benötigt.

In diesem Fall gilt also:

$$AB^o_{j,t*} = AB^n_{i,t} + BZ_i + HZ_i + KZ_i$$

Eine indirekte Fortsetzung ist nur möglich, wenn zwischen der Ankunft der Fahrt $a^n_{i,t}$ und der Abfahrt der Fahrt $a^o_{j,t*}$ mindestens die Wendezeit WZ_i [4] liegt. Bei indirekter Fortsetzung gilt also:

$$AB^o_{j,t*} \geq AB^n_{i,t} + BZ_i + WZ_i$$

Um alle genannten Fälle durch lineare Nebenbedingungen ausdrücken zu können, wird noch die Null-Eins Variable $\varepsilon^n_{i,t\ j,t*}{}^o$ benötigt. $\varepsilon^n_{i,t\ j,t*}{}^o$ soll Null sein, wenn bei der direkten Fortsetzung die Kapazitäten der beiden Fahrten $a^n_{i,t}$ und $a^o_{j,t*}$ gleich sind. In allen anderen Fällen soll $\varepsilon^n_{i,t\ j,t*}{}^o$ gleich Eins sein.

---

1) Vgl. S. 15
2) Vgl. S. 17
3) Vgl. S. 17
4) Vgl. S. 17

Dies ergibt sich aus den folgenden Ungleichungen:

$$\varepsilon^{n}_{i,t\ j,t^*}{}^{o} \leq a^{n}_{i,t} + a^{o}_{j,t^*} - 2 \cdot b^{n}_{i,t\ j,t^*}{}^{o} \qquad (3.16)$$

$$6 \cdot \varepsilon^{n}_{i,t\ j,t^*}{}^{o} \geq a^{n}_{i,t} + a^{o}_{j,t^*} - 2 \cdot b^{n}_{i,t\ j,t^*}{}^{o} \qquad (3.17)$$

$$\varepsilon^{n}_{i,t\ j,t^*}{}^{o} \leq 1 \text{ und ganzzahlig} \qquad (3.18)$$

Die zeitlichen Restriktionen bei direkter und indirekter Fortsetzung sind dann durch die beiden folgenden Ungleichungen gewährleistet:

$$AB^{o}_{j,t^*} - AB^{n}_{i,t} - BZ_i - HZ_i \leq 24 \cdot (1 - \beta^{n}_{i,t\ j,t^*}{}^{o}) + KZ_i \cdot \varepsilon^{n}_{i,t\ j,t^*}{}^{o} \qquad (3.19)$$

$$AB^{o}_{j,t^*} - AB^{n}_{i,t} - BZ_i - HZ_i \geq -24 \cdot (1 - \beta^{n}_{i,t\ j,t^*}{}^{o} - \gamma^{n}_{i,t\ j,t^*}{}^{o}) + KZ_i \cdot \varepsilon^{n}_{i,t\ j,t^*}{}^{o} + (WZ_i - KZ_i - HZ_i) \cdot \gamma^{n}_{i,t\ j,t^*}{}^{o} \qquad (3.20)$$

Für einen Fahrgast, der den Streckenabschnitt |i| befährt und auf dem Streckenabschnitt |j| weiterfahren will, können sich zwei Möglichkeiten ergeben:
Entweder befährt das Fahrzeug, das er benutzt, die Abschnitte |i| u n d |j| (direkte Fortsetzung) oder der Fahrgast muß am Ende des Abschnitts |i| in ein anderes Fahrzeug umsteigen. Die Null-Eins Variable $\phi^{n}_{i,t\ j,t^*}{}^{o}$ gibt an, ob die Fahrt a^{o}_{j,t^*} der Umsteigeanschluß der Fahrt $a^{n}_{i,t}$ ist oder nicht.

Insgesamt gilt:

$$\sum_{t^* \geq t} \sum_{o} \beta^{n}_{i,t\ j,t^*}{}^{o} + \phi^{n}_{i,t\ j,t^*}{}^{o} = a^{n}_{i,t} \qquad (3.21)$$

d.h. zu einer Fahrt $a^{n}_{i,t} = 1$ gibt es entweder eine direkte

Fortsetzung oder eine Umsteigemöglichkeit. Bei Umsteigen im Knotenpunkt am Ende eines Streckenabschnitts $|i|$ wird die Umsteigezeit UZ_i [1] benötigt. Ist die Fahrt $a^n_{j,t*}$ der Umsteigeanschluß der Fahrt $a^n_{i,t}$, so muß zwischen der Ankunft von $a^n_{i,t}$ und der Abfahrt $a^o_{j,t*}$ mindestens die Zeit UZ_i liegen.
Dies läßt sich durch die folgende Ungleichung ausdrücken:

$$AB^o_{j,t*} - AB^n_{i,t} - BZ_i \geq -24\cdot(1 - \phi^n_{i,t}\,{}^o_{j,t*}) + UZ_i \cdot \phi^n_{i,t}\,{}^o_{j,t*} \qquad (3.22)$$

Selbstverständlich wird ein Fahrgast nach dem Umsteigen den nächsten erreichbaren Zug benutzen. Dieser Sachverhalt wird durch die folgende Bedingung erreicht:

$$AB^o_{j,t*} - AB^n_{i,t} - BZ_i < 24\cdot(1 - \phi^n_{i,t}\,{}^{o+1}_{j,t*}) + UZ_i \qquad (3.23)$$

3.1.4 Der Personaleinsatz

Neben dem Fahrzeugeinsatz ist in einem Fahrplanmodell der Personaleinsatz zu regeln. In dieser Arbeit wird angenommen, daß für eine Fahrt $a^n_{i,t} = 1$ unabhängig von der Kapazität dieser Fahrt e i n e Fahrzeugbesatzung benötigt wird. Zunächst ist die Frage zu beantworten, woher kommt die Fahrzeugbesatzung, die die Fahrt $a^n_{i,t}$ durchführt. Zwei Fälle sind möglich. Entweder hat das Personal vorher schon eine Fahrt $a^m_{h,t*}$ durchgeführt oder es beginnt seinen Dienst mit der Fahrt $a^n_{i,t}$. Die Null-Eins Variable $\delta^m_{h,t*}\,{}^n_{i,t}$ gibt an, ob die Personalbesatzung für die Fahrt $a^n_{i,t}$ von der Fahrt $a^m_{h,t*}$ kommt oder nicht. Die Null-Eins Variable $\eta^n_{i,t}$ gibt an, ob das Fahrpersonal seinen Dienst mit der Fahrt $a^n_{i,t}$ beginnt oder nicht.
Damit gilt

$$a^n_{i,t} = \sum_{t* \leq t} \sum_{h \in E(i)} \sum_{m} \delta^m_{h,t*}\,{}^n_{i,t} + \eta^n_{i,t} \qquad (3.24)$$

---

1) Vgl. S. 17

Entsprechend läßt sich die Frage beantworten, wie die Fahrzeugbesatzung nach Beendigung der Fahrt $a^n_{i,t}$ weiterverwendet wird. Entweder wird von dem Personal eine Fahrt a^o_{j,t^*} durchgeführt (eine Variable $\delta^n_{i,t\ j,t^*}\ = 1$) oder das Personal beendet seinen Dienst ($\theta^n_{i,t} = 1$).

Damit gilt:

$$a^n_{i,t} = \sum_{t^* \geq t} \sum_{j \in (i)} \sum_{o} \delta^n_{i,t\ j,t^*} + \theta^n_{i,t} \qquad (3.25)$$

Beim Personaleinsatz ist noch die folgende Bedingung zu beachten. Ist eine Fahrt a^o_{j,t^*} eine direkte Fortsetzung der Fahrt $a^n_{i,t}$ ($\beta^n_{i,t\ j,t^*} = 1$), führt das Personal von $a^n_{i,t}$ auch die Fahrt a^o_{j,t^*} durch, d.h. es gilt

$$\delta^n_{i,t\ j,t^*} \geq \beta^n_{i,t\ j,t^*} \qquad (3.26)$$

3.1.5 Der Zielkonflikt und seine mögliche Auflösung

Ein Fahrplan wird in besonderem Maße von der Zielsetzung beeinflußt. Die Formulierung einer Gesamtnutzenfunktion ist allerdings nicht möglich, da sich die Interessen der Verkehrsteilnehmer und des Verkehrsbetriebes konträr gegenüberstehen.[1)]

Die Zielrichtung des Verkehrsunternehmens besteht in erster Linie darin, einen kostenoptimalen Fahrplan zu erhalten.[2)] Aus der Sicht des Fahrgastes ist der Zeitaufwand für eine Fahrt mit einem öffentlichen Verkehrsmittel das entscheidende

---

1) Vgl. UEBE, G. S. 137

2) Vgl. BELLINGER, B. Zur optimalen Verkehrsbedienung von Trabantenstädten. In: Planung, Bau und Betrieb des Schnellverkehrs in Ballungsgebieten, herausgegeben von E. Graßmann, Berlin 1969, S. 12o

Kriterium für die Güte eines Fahrplans.[1)]

Die Verkehrskunden werden also dem häufigeren Einsatz von Fahrzeugen der einfachen Kapazität den Vorzug geben, während der Verkehrsbetrieb seinen Vorteil im kostensparenden Einsatz von Fahrzeugen mit doppelter und dreifacher Kapazität bei entsprechend geringerer Fahrzeughäufigkeit sehen wird.[2)] Es ist deshalb unmöglich, einen Fahrplan zu schaffen, bei dem der Aufwand an Zeit und Kosten gleichzeitig minimiert wird.[3)] Man muß einen Kompromiss zwischen den Wünschen der Verkehrskunden und denen des Verkehrsbetriebes suchen.[4)] Dieser Kompromiss kann darin bestehen, daß durch die Zielfunktion zwar nur der Nutzen des Verkehrsbetriebes oder der Verkehrsteilnehmer optimiert wird, daß aber die Interessen der Gruppe, auf die in der Zielfunktion nicht eingegangen worden ist, durch eine Verschärfung der Nebenbedingungen berücksichtigt werden.

Auf die möglichen Zielfunktionen wird in den beiden nächsten Abschnitten noch näher eingegangen. Eine Einschränkung der Nebenbedingungen erfolgt im Abschnitt 3.4.

---

1) Vgl. PRIGGE, E. Determinanten der Nachfrage und Ordnungsmöglichkeiten im Personennahverkehr, Münster 1967, S. 1o3

2) Vgl. PETERS, S., Die Planung des Fahrzeugeinsatzes im öffentlichen Personennahverkehr, Hamburg 1968, S. 98

3) Vgl. PIRATH, C., Die Verkehrsbedürfnisse im Personennahverkehr. In: Der öffentliche Personennahverkehr, herausgegeben von C. Risch und F. Lademann, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1957, S. 37

4) Vgl. PETERS, S., a.a.O, S. 98

3.1.6 Die numerischen Möglichkeiten

Bei Anwendung des hier entwickelten Globalansatzes auf das S-Bahnnetz Ruhrgebiet ergibt sich ein System mit mehr als 500 000 Variablen und 1 000 000 Nebenbedingungen. Systeme dieser Dimension, die immer dann entstehen, wenn eine Simultanplanung angestrebt wird[1], können bis jetzt von den EDV-Anlagen nicht bewältigt werden.

Eine numerische Auswertung auf EDV-Anlagen ist deshalb nur bei Sukzessivansätzen möglich. Bei einem Fahrplanmodell bedeutet dies, daß die Fahrten nicht simultan, sondern sukzessiv festgelegt werden müssen. Da eine einmal festgelegte Fahrt nicht mehr verändert werden kann, wird ein so berechneter Fahrplan in der Regel nicht mehr optimal sein.[2] Man kann nur mit Hilfe von Parametervariationen verschiedene Lösungen erarbeiten und dann die günstigste auswählen.[3]

3.2 Partielle Ansätze

3.2.1 Kostenorientierte Ansätze

Die Kosten, die einem Verkehrsunternehmen durch den Fahrzeugeinsatz entstehen, können unterteilt werden in betriebsunabhängige fixe und betriebsabhängige fixe Kosten sowie in die auslastungsabhängigen oder variablen Kosten.[4]

---

1) Vgl. MÜLLER, O., Exakte und heuristische Methoden zur Lösung von Reihenfolgeproblemen. In: Nievergelt/Müller/Schlaepfer/Landis, Praktische Studien zur Unternehmenforschung, Berlin-Heidelberg-New York, 1970, S. 54

2) Vgl. UEBE, G., a.a.O., S. 142

3) Vgl. Abschnitt 3.4, S. 49

4) Vgl. PETERS, S., a.a.O., S. 132
Vergleiche dazu auch: EFFMERT, W. Betriebswirtschaftliche Eigenarten der Eisenbahn und ihrer Kostenrechnung. In: Archiv für Eisenbahnwesen, 69 Jg., Berlin-Göttingen-Heidelberg 1959, S. 160
EFFMERT spricht statt von betriebsunabhängigen und betriebsabhängigen fixen Kosten von absolut und relativ fixen Kosten.

Die betriebsunabhängigen fixen Kosten werden in der Hauptsache durch die Abschreibungen und Zinsen auf die Fahrzeuge gebildet.[1] Das Verkehrsunternehmen wird also bestrebt sein, den Fahrplan so einzurichten, daß möglichst wenige Fahrzeuge benötigt werden. Dies läßt sich dadurch erreichen, daß durch die Zielfunktion die Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten minimiert werden, d.h. es gilt:[2]

$$\sum_{i} \sum_{t} \sum_{n} e^{n}_{i,t} \longrightarrow \text{MIN!} \qquad (3.27)$$

Zu den betriebsabhängigen fixen Kosten sind in erster Linie die Kosten für das Fahrpersonal zu rechnen.[3] Das Verkehrsunternehmen wird also versuchen, mit einem Minimum an Personal auszukommen. Die entsprechende Zielfunktion lautet somit:[4]

$$\sum_{i} \sum_{t} \sum_{n} \eta^{n}_{i,t} \longrightarrow \text{MIN!} \qquad (3.28)$$

Die variablen Kosten werden in der Hauptsache durch die Energiekosten gebildet.[5] Diese sind annähernd proportional zu den gefahrenen Kilometern und damit unabhängig vom Fahrzeugtyp der eingesetzten Fahrzeuge.[6] Eine Minimierung der gefahrenen Kilometer und damit der variablen Kosten liegt dann vor, wenn die Fahrtenzahl minimiert wird. Für die Fahrtenzahl $FZ_{i,t}$ sind die oberen und unteren Schranken $\overline{FZ}_{i,t}$ und $\underline{FZ}_{i,t}$ vorgegeben.[7] Ein Minimum an Fahrten wird also durch die Bedingung

$$FZ_{i,t} = \underline{FZ}_{i,t} \qquad (3.29)$$

erreicht.

---

1) Vgl. PETERS, S., a.a.O. S. 134
2) Vgl. Formel (3.8) S. 37
3) Vgl. PETERS, S., a.a.O., S. 136
4) Vgl. Formel (3.24) S.41
5) Vgl. PETERS, S., a.a.O., S. 134
6) Vgl. PETERS, S., a.a.O., S. 134
7) Vgl. Formel (3.1) S.31

Da für jedes eingesetzte Fahrzeug unabhängig vom Fahrzeugtyp eine Fahrzeugbesatzung benötigt wird,[1] ist die Zahl der benötigten Besatzungen dann minimal, wenn die Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten minimal ist und der Verkehr überwiegend mit Fahrzeugen des Typs 3 durchgeführt wird.[2] Durch die Zielfunktion (3.27) in Verbindung mit der Bedingung (3.29) wird damit nicht nur die Zahl der Fahrten und der benötigten Fahrzeugeinheiten, sondern auch die Zahl des benötigten Personals minimiert.

Insgesamt werden also die Gesamtkosten des Unternehmens minimiert, wenn gilt:

$$\sum_{i} \sum_{t} \sum_{n} e^{n}_{i,t} \longrightarrow \text{MIN!} \qquad (3.30)$$

und $FZ_{i,t} = \underline{FZ_{i,t}}$

3.2.2 Fahrgastorientierte Ansätze

Aus der Sicht des Fahrgastes, ist wie bereits erwähnt[3] der Zeitaufwand für eine Fahrt mit einem öffentlichen Verkehrsmittel das entscheidende Kriterium für die Güte eines Fahrplans. Die mit einer Verkehrsleistung verbundene Zeitdauer hängt von mehreren Faktoren ab.[4]

Der erste Faktor ist die G e s c h w i n d i g k e i t des Verkehrsmittels. Da die Geschwindigkeit der im S-Bahnnetz Ruhrgebiet eingesetzten Fahrzeuge eine feststehende Größe ist,[5] braucht dieser Faktor nicht weiter betrachtet werden.

---

1) Vgl. S. 41
2) Vgl. S. 14
3) Vgl. S. 42
4) Vgl. PRIGGE, E., a.a.O., S. 72
5) Vgl. S. 14

Eine weitere bereits festgelegte Größe, die sich auf den Zeitaufwand der Verkehrskunden auswirkt, ist die L a g e d e r H a l t e s t e l l e n.

Ein weiterer Bestimmungsfaktor für den Zeitaufwand - die P ü n k t l i c h k e i t in der Abfahrt des Verkehrsmittels - wird hier als gegeben angenommen.

Die F a h r z e u g h ä u f i g k e i t wirkt sich besonders stark auf den Zeitaufwand der Verkehrsteilnehmer aus, da eine geringe Fahrtenhäufigkeit zu u.U. beträchtlichen Wartezeiten auf eine Abfahrt führt. Dementsprechend wird man bei einem fahrgastorientierten Fahrplanansatz die Fahrzeughäufigkeit maximieren, d.h. es gilt:[1)]

$$FZ_{i,t} = \overline{FZ_{i,t}} \qquad (3.31)$$

Daneben wirkt sich das Umsteigen ebenfalls auf die Reisezeit aus. Das Hauptgewicht liegt dabei auf den mit dem Umsteigevorgang verbundenen W a r t e z e i t e n. Diese Wartezeiten sind zu minimieren. Die entsprechende Zielfunktion lautet dann:[2)]

$$\sum_{i} \sum_{t} \sum_{n} \sum_{t^* \geq t} \sum_{j \in F(i)} \sum_{o} (AB^{o}_{j,t^*} - AB^{n}_{i,t} - BZ_i) \cdot \phi^{n}_{i,t\ j,t^*}^{o} \longrightarrow \text{MIN!} \qquad (3.32)$$

Durch diese Zielfunktion in Verbindung mit der Bedingung (3.31) $FZ_{i,t} = \overline{FZ_{i,t}}$ werden also die Interessen der Verkehrsteilnehmer optimiert.

---

1) Vgl. S. 45

2) Vgl. S. 41

3.3 Die Zielfunktion

3.3.1 Die Zielfunktion für den Spitzenverkehr

In den beiden Spitzenstunden - von 7 bis 8 Uhr und 17 bis 18 Uhr - wird insgesamt 2o,4% des Tagesgesamtverkehrs abgewickelt.[1] Aufgrund der starken Verkehrsnachfrage in den beiden Spitzenstunden ist die Fahrzeughäufigkeit in dieser Zeit gegenüber dem Rest des Tages stark erhöht (die untere Grenze der Fahrzeughäufigkeit $\underline{FZ_{i,t}}$ liegt zwischen 4 und 13 Fahrzeugen pro Stunde).[2] Dadurch sind auf alle Fälle für die Verkehrsteilnehmer günstige Fahrmöglichkeiten und geringe Wartezeiten gegeben. Da andererseits der Fahrzeug- und Personalaufwand in diesen Stunden am größten ist, ist im Spitzenverkehr die Fahrzeug- und Personalzahl zu minimieren.

Da bei der Einschränkung der Nebenbedingungen die Fahrzeughäufigkeiten $FZ_{i,t}$ festgelegt werden, um damit einen Kompromiss zwischen den Wünschen der Verkehrsteilnehmer und des Verkehrsunternehmens zu erreichen,[3] kommt es im Spitzenverkehr nur darauf an, die Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten zu minimieren.[4] Die Zielfunktion für den Spitzenverkehr lautet damit:[5]

$$\sum_{t=8,18} \sum_{i} \sum_{n} e^{n}_{i,t} \longrightarrow \text{MIN!} \qquad (3.33)$$

---

1) Vgl. Tabelle 2-4, S. 19
2) Vgl. Tabelle 2-6, S. 24
3) Vgl. S. 50
4) Vgl. S. 45
5) Vgl. Formel (3.3o), S. 46

3.3.2 Die Zielfunktion für den Verkehr außerhalb der Spitzenzeiten

Aufgrund der geringen Verkehrsnachfrage sinkt außerhalb der Spitzenstunden die Fahrzeughäufigkeit teilweise erheblich ab. Dadurch wird auch der Personal- und Fahrzeugbedarf gegenüber dem Spitzenverkehr geringer. Andererseits steigt der Zeitaufwand für die Verkehrsteilnehmer.

Durch günstige Umsteige- und Anschlußmöglichkeiten kann der Nachteil der geringeren Fahrzeughäufigkeit teilweise kompensiert werden. Deshalb werden für den Verkehr außerhalb der Spitzenzeiten die Wartezeiten minimiert. Die entsprechende Zielfunktion lautet somit:[1)]

$$\sum_{i} \sum_{\substack{t \\ t \neq 8,18}} \sum_{n} \sum_{t^* \geq t} \sum_{o} (AB^{o}_{j,t^*} - AB^{n}_{i,t} - BZ_i) \cdot \phi^{n}_{i,t} \; {}^{o}_{j,t^*} \longrightarrow \text{MIN!} \qquad (3.34)$$

3.4 Die Reduktion der Fahrplankomponenten im Hinblick auf die numerischen Möglichkeiten

3.4.1 Fahrzeughäufigkeit und Kapazität

Die Zahl der Fahrzeugeinheiten $Z_{i,t}$, die in einer Stunde t auf einem Streckenabschnitt $|i|$ einzusetzen sind, sowie die obere und untere Schranke $\overline{FZ_{i,t}}$ bzw. $\underline{FZ_{i,t}}$ der Fahrzeughäufigkeiten $FZ_{i,t}$ sind bereits durch die Prämissen der Untersuchung bekannt.[2)]

Bei einem Sukzessivansatz müssen aber auch die Fahrzeughäufigkeiten $FZ_{i,t}$ bekannt sein. In dieser Arbeit werden nur solche Häufigkeiten zugelassen, die ein ganzzahliger Teiler

---

1) Vgl. Formel (3.32), S. 47

2) Vgl. S. 23

der Periode t (=60 Minuten) sind.[1]
Bei den Fahrzeughäufigkeiten $FZ_{i,t}$ sind also nur die folgenden Größen zugelassen - 1,2,3,4,5,6,10,12,15,20,30. Diese Einschränkung wurde deshalb gewählt, weil dies, solange Umsteige- und Anschlußbedingungen keine Änderungen erfordern, zu gleichmäßigen ganzzahligen Zugfolgezeiten innerhalb einer Periode führt. Bei einer Fahrzeughäufigkeit von 10 ergibt sich z.B. die ganzzahlige Zugfolgezeit von 6 Minuten, während bei einer Häufigkeit von 7 Fahrzeugen die Zugfolgezeit 8,57 Minuten beträgt.

Die Fahrzeughäufigkeiten $FZ_{i,t}$ sollen nahe bei der unteren Grenze $\underline{FZ_{i,t}}$ liegen, um die variablen Kosten gering zu halten.[2] Aus der obigen Menge der möglichen Häufigkeiten wird also die kleinste Zahl ausgewählt, die größer oder gleich der unteren Grenze $\underline{FZ_{i,t}}$ ist. Beträgt z.B. die untere Grenze der Fahrzeughäufigkeiten $\underline{FZ_{i,t}} = 8$, dann wird die Fahrzeughäufigkeit mit $FZ_{i,t} = 10$ festgelegt. Die Interessen der Verkehrsteilnehmer, die schon bei der Festlegung der unteren Grenze der Fahrzeughäufigkeiten $\underline{FZ_{i,t}}$ beachtet wurden,[3] werden durch dieses Verfahren noch stärker berücksichtigt.

Aufgrund der Werte der Tabelle 2-6 ergeben sich dann die in der folgenden Tabelle 3-1 dargestellten Fahrzeughäufigkeiten $FZ_{i,t}$ für alle Streckenabschnitte $|i|$ des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet und alle Tagesstunden t.

---

1) Vgl. PETERS, S., a.a.O., S. 119
2) Vgl. S. 45
3) Vgl. S. 20

Tabelle 3-1: Die Fahrzeughäufigkeiten $FZ_{i,t}$ für die Streckenabschnitte |i| = |1|,...., |16| und |1*|,...., |16*| des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet für alle Tagesstunden t = 1,..., 24

Fahrzeughäufigkeit $FZ_{i,t}$ / Streckenabschnitt |i|	$FZ_{i,1}$	$FZ_{i,2}$	$FZ_{i,3}$	$FZ_{i,4}$	$FZ_{i,5}$	$FZ_{i,6}$	$FZ_{i,7}$	$FZ_{i,8}$	$FZ_{i,9}$	$FZ_{i,10}$	$FZ_{i,11}$	$FZ_{i,12}$
|1| |1*|	2	1	1	1	2	2	4	6	4	3	3	3
|2| |2*|	2	1	1	1	2	2	5	10	5	4	4	4
|3| |3*|	2	1	1	1	2	2	6	12	10	5	5	5
|4| |4*|	2	1	1	1	2	2	6	15	10	5	5	6
|5| |5*|	2	1	1	1	2	2	6	15	10	5	5	6
|6| |6*|	2	1	1	1	2	2	5	10	5	4	4	4
|7| |7*|	2	1	1	1	2	2	5	10	6	4	4	4
|8| |8*|	2	1	1	1	2	2	4	4	4	2	2	2
|9| |9*|	2	1	1	1	2	2	4	4	4	2	2	2
|10| |10*|	2	1	1	1	2	2	4	10	5	3	3	4
|11| |11*|	2	1	1	1	2	2	4	4	4	2	2	2
|12| |12*|	2	1	1	1	2	2	4	10	4	3	3	3
|13| |13*|	2	1	1	1	2	2	4	10	5	3	3	4
|14| |14*|	2	1	1	1	2	2	4	10	5	3	3	4
|15| |15*|	2	1	1	1	2	2	4	5	4	2	2	2
|16| |16*|	2	1	1	1	2	2	4	4	4	2	2	2

Tabelle 3-1: Die Fahrzeughäufigkeiten $FZ_{i,t}$ für die Streckenabschnitt |i| = |1| ,...., |16| und |1*| ,...., |16*| des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet für alle Tagesstunden t = 1,.... 24 (1. Fortsetzung).

Streckenabschnitt |i| / Fahrzeughäufigkeit $FZ_{i,t}$	$FZ_{i,13}$	$FZ_{i,14}$	$FZ_{i,15}$	$FZ_{i,16}$	$FZ_{i,17}$	$FZ_{i,18}$	$FZ_{i,19}$	$FZ_{i,20}$	$FZ_{i,21}$	$FZ_{i,22}$	$FZ_{i,23}$	$FZ_{i,24}$
|1| |1*|	3	3	3	4	5	6	5	4	3	2	2	2
|2| |2*|	5	5	5	6	10	10	10	10	4	3	3	2
|3| |3*|	6	6	6	10	12	12	10	10	6	4	4	2
|4| |4*|	6	6	6	10	12	15	10	10	6	4	4	2
|5| |5*|	6	6	6	10	12	15	10	10	6	4	4	2
|6| |6*|	5	5	5	5	10	10	10	10	4	3	3	2
|7| |7*|	5	5	5	6	10	10	10	10	5	3	3	2
|8| |8*|	2	2	2	2	4	4	4	3	2	2	2	2
|9| |9*|	2	2	2	2	4	4	4	3	2	2	2	2
|10| |10*|	4	4	4	5	10	10	6	6	4	3	3	2
|11| |11*|	2	2	2	2	4	4	4	2	2	2	2	2
|12| |12*|	3	3	3	4	6	10	5	5	3	2	2	2
|13| |13*|	4	4	4	5	10	10	6	6	4	3	3	2
|14| |14*|	4	4	4	5	10	10	6	6	4	3	3	2
|15| |15*|	3	3	3	3	5	5	4	4	2	2	2	2
|16| |16*|	2	2	2	2	4	4	4	2	2	2	2	2

Es muß nun noch festgelegt werden, wie viele Fahrzeuge von Typ 1, Typ 2 und Typ 3 einzusetzen sind. Bezeichnet man die Fahrzeugzahl des Typs μ, die in einer Stunde t auf dem Streckenabschnitt $|i|$ eingesetzt werden, mit $x^{\mu}_{i,t}$, dann gilt, da insgesamt $FZ_{i,t}$ Fahrzeuge einzusetzen sind:

$$\sum_{\mu=1}^{3} x^{\mu}_{i,t} = FZ_{i,t} \qquad (3.35)$$

Ein Fahrzeug vom Typ μ besteht aus μ Fahrzeugeinheiten. Da insgesamt in der Stunde t auf dem Abschnitt $|i|$ $Z_{i,t}$ Fahrzeugeinheiten benötigt werden, gilt:

$$\sum_{\mu=1}^{3} \mu \cdot x^{\mu}_{i,t} = Z_{i,t} \qquad (3.36)$$

Aus den beiden obigen Gleichungen (3.35) und (3.36) lassen sich die Fahrzeugzahlen $x^{\mu}_{i,t}$ nicht immer eindeutig bestimmen. Dies soll an dem folgenden Beispiel gezeigt werden:

Beträgt z.B. die Zahl der einzusetzenden Fahrzeugeinheiten $Z_{i,t} = 38$ und die Fahrzeughäufigkeit $FZ_{i,t} = 15$, dann gilt für die Fahrzeugzahlen $x^{\mu}_{i,t}$ nach den Gleichungen (3.35) und (3.36)

$$\sum_{\mu=1}^{3} x^{\mu}_{i,t} = 15 \quad \text{und} \quad \sum_{\mu=1}^{3} \mu \cdot x^{\mu}_{i,t} = 38$$

Für die drei Häufigkeiten $x^{\mu}_{i,t}$ - $\mu = 1,2,3$ - sind dann die folgenden vier Kombinationen möglich:

$x^{1}_{i,t}$	$x^{2}_{i,t}$	$x^{3}_{i,t}$
3	1	11
2	3	10
1	5	9
0	7	8

Sind wie im obigen Beispiel mehrere Kombinationen der Häufigkeiten $x^{\mu}_{i,t}$ möglich, dann wird in dieser Arbeit die Kombination ausgewählt, bei der $x^{3}_{i,t}$ am größten ist; d.h. Fahrzeuge vom Typ 3 werden bevorzugt eingesetzt. Im obigen Beispiel wird also die Kombination $x^{1}_{i,t} = 3$, $x^{2}_{i,t} = 1$ und $x^{3}_{i,t} = 11$ ausgewählt.

Aufgrund dieses Verfahrens kann man für jeden Streckenabschnitt und für jede Stunde berechnen, wieviele Fahrzeuge der einzelnen Typen einzusetzen sind. Das Ergebnis ist in der folgenden Tabelle 3-2 enthalten.

Tabelle 3-2: Zahl der Fahrzeuge vom Typ 1, Typ 2 und Typ 3 - $x^1_{i,t}$, $x^2_{i,t}$, $x^3_{i,t}$ - die auf den Streckenabschnitten |i| = |1| ,..., |16| und |1*|, ..., |16*| des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet in den Tagesstunden t = 1,..., 24 eingesetzt werden.

Zeit	0 - 1 Uhr			1 - 2 Uhr			2 - 3 Uhr			3 - 4 Uhr		
Streckenabschnitt |i|	$x^1_{i,1}$	$x^2_{i,1}$	$x^3_{i,1}$	$x^1_{i,2}$	$x^2_{i,2}$	$x^3_{i,2}$	$x^1_{i,3}$	$x^2_{i,3}$	$x^3_{i,3}$	$x^1_{i,4}$	$x^2_{i,4}$	$x^3_{i,4}$
|1| |1*|	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
|2| |2*|	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
|3| |3*|	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
|4| |4*|	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
|5| |5*|	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
|6| |6*|	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
|7| |7*|	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
|8| |8*|	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
|9| |9*|	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
|10| |10*|	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
|11| |11*|	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
|12| |12*|	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
|13| |13*|	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
|14| |14*|	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
|15| |15*|	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
|16| |16*|	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0

Tabelle 3-2: Zahl der Fahrzeuge vom Typ 1, Typ 2 und Typ 3 - $x^1_{i,t}$, $x^2_{i,t}$, $x^3_{i,t}$ - die auf den Streckenabschnitten |i| = |1| ,..., |16| und |1*| ,...., |16*| des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet in den Tagesstunden t = 1,..., 24 eingesetzt werden. (1. Fortsetzung).

Zeit	4 - 5 Uhr			5 - 6 Uhr			6 - 7 Uhr			7 - 8 Uhr		
Streckenabschnitt |i|	$x^1_{i,5}$	$x^2_{i,5}$	$x^3_{i,5}$	$x^1_{i,6}$	$x^2_{i,6}$	$x^3_{i,6}$	$x^1_{i,7}$	$x^2_{i,7}$	$x^3_{i,7}$	$x^1_{i,8}$	$x^2_{i,8}$	$x^3_{i,8}$
|1| |1*|	2	0	0	1	1	0	2	0	2	0	1	5
|2| |2*|	2	0	0	1	0	1	0	1	4	1	0	9
|3| |3*|	2	0	0	0	1	1	0	1	5	0	0	12
|4| |4*|	2	0	0	0	1	1	0	0	6	3	1	11
|5| |5*|	2	0	0	0	1	1	0	0	6	3	1	11
|6| |6*|	2	0	0	1	0	1	1	0	4	1	1	8
|7| |7*|	2	0	0	1	0	1	0	1	4	0	1	9
|8| |8*|	2	0	0	2	0	0	3	1	0	1	1	2
|9| |9*|	2	0	0	2	0	0	3	1	0	0	1	3
|10| |10*|	2	0	0	1	1	0	0	1	3	3	1	6
|11| |11*|	2	0	0	2	0	0	4	0	0	2	1	1
|12| |12*|	2	0	0	1	1	0	1	1	2	5	1	4
|13| |13*|	2	0	0	1	1	0	0	1	3	3	1	6
|14| |14*|	2	0	0	1	1	0	0	1	3	4	0	6
|15| |15*|	2	0	0	2	0	0	2	1	1	0	1	4
|16| |16*|	2	0	0	2	0	0	4	0	0	2	1	1

Tabelle 3-2: Zahl der Fahrzeuge vom Typ 1, Typ 2 und Typ 3 - $x^1_{i,t}$, $x^2_{i,t}$, $x^3_{i,t}$ - die auf den Streckenabschnitten |i| = |1| ,..., |16| und |1*| ,...., |16*| des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet in den Tagesstunden t = 1, ..., 24 eingesetzt werden. (2. Fortsetzung).

Zeit	8 - 9 Uhr			9 - 1o Uhr			1o - 11 Uhr			11 - 12 Uhr		
Streckenabschnitt |i|	$x^1_{i,9}$	$x^2_{i,9}$	$x^3_{i,9}$	$x^1_{i,1o}$	$x^2_{i,1o}$	$x^3_{i,1o}$	$x^1_{i,11}$	$x^2_{i,11}$	$x^3_{i,11}$	$x^1_{i,12}$	$x^2_{i,12}$	$x^3_{i,12}$
|1| |1*|	1	0	3	1	0	2	1	0	2	1	0	2
|2| |2*|	0	0	5	0	1	3	0	1	3	0	0	4
|3| |3*|	5	0	5	0	1	4	0	1	4	0	0	5
|4| |4*|	4	1	5	0	0	5	0	0	5	1	0	5
|5| |5*|	4	1	5	0	0	5	0	0	5	1	0	5
|6| |6*|	0	0	5	0	1	3	0	1	3	0	1	3
|7| |7*|	1	0	5	0	1	3	0	1	3	0	0	4
|8| |8*|	3	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
|9| |9*|	3	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1
|10| |10*|	0	2	3	0	0	3	0	0	3	1	0	3
|11| |11*|	4	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
|12| |12*|	0	1	3	1	0	2	1	0	2	0	1	2
|13| |13*|	1	0	4	0	0	3	0	0	3	1	0	3
|14| |14*|	1	0	4	0	0	3	0	0	3	1	0	3
|15| |15*|	2	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	2
|16| |16*|	4	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0

Tabelle 3-2: Zahl der Fahrzeuge vom Typ 1, Typ 2 und Typ 3 - $x^1_{i,t}$, $x^2_{i,t}$, $x^3_{i,t}$ - die auf den Streckenabschnitten $|i| = |1|, \ldots, |16|$ und $|1^*|, \ldots, |16^*|$ des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet in den Tagesstunden $t = 1, \ldots, 24$ eingesetzt werden. (3. Fortsetzung).

Zeit	12 - 13 Uhr			13 - 14 Uhr			14 - 15 Uhr			15 - 16 Uhr		
Streckenabschnitt $\|i\|$	$x^1_{i,13}$	$x^2_{i,13}$	$x^3_{i,13}$	$x^1_{i,14}$	$x^2_{i,14}$	$x^3_{i,14}$	$x^1_{i,15}$	$x^2_{i,15}$	$x^3_{i,15}$	$x^1_{i,16}$	$x^2_{i,16}$	$x^3_{i,16}$
|1| |1*|	0	1	2	0	1	2	0	1	2	1	0	3
|2| |2*|	1	0	4	0	1	4	1	0	4	1	0	5
|3| |3*|	0	1	5	0	1	5	0	1	5	5	0	5
|4| |4*|	0	0	6	0	0	6	0	0	6	4	1	5
|5| |5*|	0	0	6	0	0	6	0	0	6	4	1	5
|6| |6*|	1	0	4	1	0	4	1	0	4	0	0	5
|7| |7*|	0	1	4	0	1	4	0	1	4	1	0	5
|8| |8*|	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	2
|9| |9*|	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	2
|10| |10*|	0	1	3	0	1	3	0	1	3	1	0	4
|11| |11*|	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
|12| |12*|	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	1	3
|13| |13*|	0	1	3	0	1	3	0	1	3	1	0	4
|14| |14*|	0	1	3	0	1	3	0	1	3	1	0	4
|15| |15*|	1	0	2	1	0	2	1	0	2	0	1	2
|16| |16*|	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1

Tabelle 3-2: Zahl der Fahrzeuge vom Typ 1, Typ 2 und Typ 3 - $x^1_{i,t}$, $x^2_{i,t}$, $x^3_{i,t}$ - die auf den Streckenabschnitten |i| = |1| ,..., |16| und |1*| ,..., |16*| des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet in den Tagesstunden t = 1,..., 24 eingesetzt werden. (4. Fortsetzung).

Zeit	16 - 17 Uhr			17 - 18 Uhr			18 - 19 Uhr			19 - 2o Uhr		
Streckenabschnitt |i|	$x^1_{i,17}$	$x^2_{i,17}$	$x^3_{i,17}$	$x^1_{i,18}$	$x^2_{i,18}$	$x^3_{i,18}$	$x^1_{i,19}$	$x^2_{i,19}$	$x^3_{i,19}$	$x^1_{i,2o}$	$x^2_{i,2o}$	$x^3_{i,2o}$
|1| |1*|	0	0	5	0	1	5	1	0	4	0	0	4
|2| |2*|	3	0	7	1	0	9	4	0	6	5	1	4
|3| |3*|	2	1	9	0	0	12	1	0	9	2	1	7
|4| |4*|	1	1	10	3	1	11	0	0	10	2	0	8
|5| |5*|	1	1	10	3	1	11	0	0	10	2	0	8
|6| |6*|	3	0	7	1	1	8	4	1	5	5	1	4
|7| |7*|	2	1	7	0	1	9	3	1	6	5	0	5
|8| |8*|	2	0	2	1	1	2	2	0	2	1	0	2
|9| |9*|	1	0	3	0	1	3	1	1	2	0	1	2
|10| |10*|	5	0	5	3	1	6	0	0	6	1	0	5
|11| |11*|	2	1	1	2	1	1	3	0	1	0	1	1
|12| |12*|	0	1	5	5	1	4	0	0	5	1	0	4
|13| |13*|	5	0	5	3	1	6	0	0	6	1	0	5
|14| |14*|	5	0	5	4	0	6	0	0	6	1	0	5
|15| |15*|	1	0	4	0	1	4	0	1	3	1	0	3
|16| |16*|	3	0	1	2	1	1	3	0	1	0	1	1

Tabelle 3-2: Zahl der Fahrzeuge vom Typ 1, Typ 2 und Typ 3 - $x^1_{i,t}$, $x^2_{i,t}$, $x^3_{i,t}$ - die auf den Streckenabschnitten |i| = |1| ,..., |16| und |1*| ,...., |16*| des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet in den Tagesstunden t = 1,..., 24 eingesetzt werden. (5. Fortsetzung).

Zeit	2o - 21 Uhr			21 - 22 Uhr			22 - 23 Uhr			23 - 24 Uhr		
Streckenabschnitt |i|	$x^1_{i,21}$	$x^2_{i,21}$	$x^3_{i,21}$	$x^1_{i,22}$	$x^2_{i,22}$	$x^3_{i,22}$	$x^1_{i,23}$	$x^2_{i,23}$	$x^3_{i,23}$	$x^1_{i,24}$	$x^2_{i,24}$	$x^3_{i,24}$
|1| |1*|	0	1	2	0	0	2	0	1	1	2	0	0
|2| |2*|	0	0	4	0	0	3	0	1	2	1	1	0
|3| |3*|	0	2	4	0	1	3	1	0	3	1	0	1
|4| |4*|	0	1	5	0	0	4	0	1	3	1	0	1
|5| |5*|	0	1	5	0	0	4	0	1	3	1	0	1
|6| |6*|	0	0	4	0	0	3	0	1	2	1	1	0
|7| |7*|	1	0	4	0	0	3	0	0	3	1	1	0
|8| |8*|	1	0	1	1	1	0	1	1	0	2	0	0
|9| |9*|	0	1	1	1	0	1	1	1	0	2	0	0
|10| |10*|	0	2	2	0	1	2	1	0	2	1	1	0
|11| |11*|	1	1	0	1	1	0	2	0	0	2	0	0
|12| |12*|	0	1	2	0	0	2	0	0	2	2	0	0
|13| |13*|	1	0	3	1	0	2	1	0	2	1	1	0
|14| |14*|	1	0	3	1	0	2	1	0	2	1	1	0
|15| |15*|	0	0	2	0	1	1	1	0	1	2	0	0
|16| |16*|	1	1	0	1	1	0	2	0	0	2	0	0

3.4.2 Die zeitliche Struktur

Die Festlegung der Abfahrtzeiten $AB^n_{i,t}$ erfolgt sukzessiv.[1] Das Fahrplanmodell ist so konzipiert, daß zunächst versucht wird, die Abfahrten auf die äquidistanten Zeitpunkte:[2]

$$T^n_{i,t} = t - 1 + (n-1)/FZ_{i,t} \qquad (3.37)$$

zu legen, um eine gleichmäßige Verteilung der Fahrten innerhalb jeder Stunde zu erreichen.

Sollen z.B. auf einem Abschnitt i in der Stunde $t = 8$, d.h. zwischen 7 und 8 Uhr, $FZ_{i,8} = 5$ Fahrzeuge eingesetzt werden, dann erhält man nach der obigen Formel (3.37) die 5 äquidistanten Zeitpunkte $T^1_{i,8} = 7.00$, $T^2_{i,8} = 7.12$, $T^3_{i,8} = 7.24$, $T^4_{i,8} = 7.36$ und $T^5_{i,8} = 7.48$.

Wenn man nur die Zeitpunkte $T^n_{i,t}$ als Abfahrtzeiten zuläßt, werden sich in vielen Fällen sehr schlechte Anschluß- und Umsteigemöglichkeiten ergeben. Die Schwierigkeiten werden dadurch behoben, daß Fahrzeuge nicht nur zu den Zeitpunkten $T^n_{i,t}$ abfahren können, sondern innerhalb der Zeitintervalle.[3]

$$\Delta T^n_{i,t} = \left[\underline{AB^n_{i,t}} \; , \; \overline{AB^n_{i,t}} \right] \qquad (3.38)$$

mit $\underline{AB^n_{i,t}} = t - 1 + (n - 1 - u)/FZ_{i,t}$

und $\overline{AB^n_{i,t}} = t - 1 + (n - 1 + v)/FZ_{i,t}$

In dieser Arbeit wurde der Fahrplan durch die Vergabe von verschiedenen Werten für die Parameter u und v für unterschiedlich große Abfahrtintervalle $\Delta T^n_{i,t}$ berechnet. Als Parameterwerte wurden gewählt[4]

$$u = o, \; {}^1/12, \; {}^2/12, \; {}^3/12 \quad \text{und} \quad v = o, {}^1/3, \; {}^2/3$$

Insgesamt ergeben sich damit 12 Parametervariationen.

---

1) Vgl. S. 44

2) Vgl. S. 33

3) Vgl. S. 34

4) Die Parameter wurden so gewählt, daß sich die Größe der Zeitintervalle $\Delta T^n_{i,t}$ bei den 12 Parametervariationen um jeweils $FZ_{i,t}/12$ ändert.
Vgl. auch S. 33 und 34.

Wählt man z.B. für das obige Beispiel mit $FZ_{i,8} = 5$ Fahrzeugen die Parametervariation $u = {}^{3}/_{12}$ und $v = {}^{2}/_{3}$, dann erhält man die folgenden Abfahrtintervalle $\Delta T^{n}_{i,8}$:

$$\Delta T^{1}_{i,8} = \left[6.57,\ 7.08\right] ,\quad \Delta T^{2}_{i,8} = \left[7.09,\ 7.20\right]$$

$$\Delta T^{3}_{i,8} = \left[7.21,\ 7.32\right] ,\quad \Delta T^{4}_{i,8} = \left[7.33,\ 7.44\right] \quad \text{und}$$

$$\Delta T^{5}_{i,8} = \left[7.45,\ 7.56\right] .$$

Bei der Parametervariation $u = {}^{1}/_{12}$ und $v = {}^{1}/_{3}$ ergeben sich die folgenden fünf Intervalle:

$$\left[6.59,\ 7.04\right] ,\quad \left[7.11,\ 7.16\right] ,\quad \left[7.23,\ 7.28\right]$$
$$\left[7.35,\ 7.40\right] \quad \text{und} \quad \left[7.47,\ 7.52\right] .$$

Jedem Fahrzeug, das auf dem Streckenabschnitt |i| im Zeitintervall $\Delta T^{n}_{i,t}$ eine Fahrt durchführt, wird eine Fahrzeugnummer $ZNR^{n}_{i,t}$ zugeteilt, die aus einer maximal sechsziffrigen Zahl besteht.

$$ZNR^{n}_{i,t} = \text{'Z6, Z5, Z4, Z3, Z2, Z1'} \qquad (3.39)$$

Die Ziffer Z1 beinhaltet die Art des Einsatzes auf dem Streckenabschnitt |i| . Dabei bedeutet:

Z1 = 0 Das Fahrzeug wird am Anfang des Abschnitts |i| eingesetzt, endet aber auf einem anderen Streckenabschnitt.

Z1 = 1 Das Fahrzeug durchfährt den Abschnitt |i| , wird aber auf |i| weder eingesetzt noch endet es dort.

Z1 = 2 Das Fahrzeug endet auf Streckenabschnitt |i| , wird aber auf einem anderen Abschnitt eingesetzt.

Z1 = 3 Das Fahrzeug wird auf Abschnitt |i| eingesetzt und endet auch dort.

Die Ziffer Z 2 gibt den Fahrzeugtyp des betreffenden Fahrzeuges an.

Die laufende Nummer des Fahrzeuges (1, 2, 3,...,9999) wird durch die Z i f f e r n Z3 bis Z6 wiedergegeben. Die zusätzliche Verschlüsselung über die laufende Nummer des Fahrzeuges hinaus durch die Ziffern Z1 und Z2 ist notwendig, weil diese Angaben bei der Aufstellung eines Fahrzeugeinsatzplans benötigt werden.[1)]

Ist für ein Zeitintervall $\Delta T^{n}_{i,t}$ noch keine Fahrt festgelegt worden, gilt:

$$ZNR^{n}_{i,t} = 0 \qquad (3.4o)$$

Das Fahrplanmodell ist so konzipiert, daß versucht wird, die Fahrten so festzulegen, daß e i n Fahrzeug möglichst v i e l e Streckenabschnitte h i n t e r e i n a n d e r befährt. Außerdem wird versucht, zu bereits festgelegten Fahrten möglichst gute U m s t e i g e - u n d A n s c h l u ß b e d i n g u n g e n zu schaffen.

Bei dem Versuch, die Fahrten so festzulegen, daß ein Fahrzeug möglichst viele Streckenabschnitte hintereinander befährt, wurden zwei weitere Parametervariationen gewählt. Bei der e r s t e n Variation muß ein Fahrzeug, das mehrere Streckenabschnitte hintereinander befährt, auf jedem Abschnitt vom gleichen Typ sein; d.h. ein zwischenzeitliches An- und Abkoppeln von Fahrzeugeinheiten ist nicht möglich. Bei der z w e i t e n Variation ist ein solches zwischenzeitliches An- und Abkoppeln von Fahrzeugeinheiten erlaubt.

Das Aussehen des Fahrplans wird natürlich auch davon beeinflußt, in welcher Reihenfolge die Streckenabschnitte bei der sukzessiven Festlegung der Fahrten bearbeitet werden.
In dieser Arbeit wurde so verfahren, daß beginnend in einem Endpunkt des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet die Streckenabschnitte

---

1) Vgl. Abschnitt 3.4.3, S. 72

ihrem Verlauf entsprechend nacheinander bearbeitet werden. Bei 9 Endpunkten des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet[1] ergeben sich damit weitere 9 Parametervariationen.

Abfahrt- und Ankunftszeiten für ein Fahrzeug werden nach dem folgenden Rechenverfahren festgelegt:

Ein Fahrzeug vom Typ μ soll in der Stunde t auf dem Streckenabschnitt $|i|$ verkehren. Für diesen Abschnitt wird ein Zeitintervall $\Delta T^n_{i,t}$ gesucht, in dem noch kein Fahrzeug fährt, d.h. in dem $ZNR^n_{i,t} = 0$. Für die Abfahrzeit gilt zunächst

$$AB^n_{i,t} = T^n_{i,t} = t - 1 + (n-1)/FZ_{i,t} \qquad (3.41)$$

Die Ankunftzeit am Ende des Abschnitts $|i|$ ist dann

$$AN^n_{i,t} = AB^n_{i,t} + BZ_i \qquad (3.42)$$

Es wird nun geprüft, ob sich durch eine Verschiebung der Abfahrtzeit und damit auch der Ankunftszeit um ΔT bessere Anschluß- bzw. Umsteigemöglichkeiten zu bereits festgelegten Fahrzeugen erreichen lassen. Die Verschiebung ΔT darf allerdings nicht dazu führen, daß die Abfahrt $AB^n_{i,t}$ nicht mehr im Intervall $\Delta T^n_{i,t}$ liegt. Es muß also gelten

$$AB^n_{i,t} = T^n_{i,t} + \Delta T \qquad (3.43)$$

mit $AB^n_{i,t} \in \Delta T^n_{i,t}$

Anschließend wird geprüft, ob das Fahrzeug, das die Fahrt auf Abschnitt $|i|$ durchführt, nicht noch auf anderen Streckenabschnitten eingesetzt werden kann.

Zunächst wird untersucht, ob das Fahrzeug auf einem der Streckenabschnitte, die zum Abschnitt $|i|$ führen, zum Einsatz gebracht werden kann. Es wird also geprüft, ob eine

---

1) Vgl. S. 9

direkte Fortsetzung von einem Abschnitt |h| zum Abschnitt |i| möglich ist.[1] Dabei wird zunächst versucht, eine direkte Fortsetzung vom Abschnitt |h| mit dem gleichen Fahrzeugtyp zu erreichen.[2] Dieses Fahrzeug hat dann auf dem Abschnitt |h| die Abfahrtzeit

$$AB^{m}_{h,t} = AB^{n}_{i,t} - BZ_h - HZ_h \qquad (3.44)$$

sofern die Abfahrtzeit in einem Zeitintervall $\Delta T^{m}_{n,t}$, für das noch kein Fahrzeug festgelegt ist.

Ist diese Möglichkeit nicht gegeben, dann wird geprüft, falls es aufgrund der Parameterangabe möglich ist, ob eine direkte Fortsetzung vom Abschnitt |h| zum Abschnitt |i| mit unterschiedlicher Kapazität auf beiden Abschnitten erreicht werden kann. Das in einem solchen Falle notwendige An- oder Abkoppeln von Fahrzeugeinheiten erfordert die zusätzliche Zeit KZ.[3]

Das Fahrzeug hat dann am Beginn des Abschnitts h die Abfahrtzeit

$$AB^{m}_{h,t} = AB^{n}_{i,t} - BZ_h - HZ_h - KZ \qquad (3.45)$$

sofern diese Zeit in einem Intervall $\Delta T^{m}_{h,t}$ liegt, für das noch kein Fahrzeug festgelegt ist.

Existieren für den Streckenabschnitt |h| wiederum Streckenabschnitte, von denen aus eine direkte Fortsetzung zum Abschnitt |h| möglich ist, dann wird das obige Verfahren auch für diese Linien durchgeführt.

Anschließend werden die Abschnitte untersucht, die vom Streckenabschnitt |i| wegführen, d.h. es wird geprüft, ob vom Abschnitt |i| aus eine direkte Fortsetzung zu einem Abschnitt |j| möglich ist.

---

1) Vgl. S. 35
2) Vgl. S. 63
3) Vgl. S. 17

Bei einer direkten Fortsetzung hat das Fahrzeug auf dem Abschnitt |j| die Abfahrtzeit[1)]

$$AB^{o}_{j,t*} = AB^{n}_{i,t} + BZ_i + HZ_i \qquad (3.46)$$

$$t* = t \quad \text{oder} \quad t + 1$$

Diese Abfahrtzeit muß wiederum in einem Zeitintervall $\Delta T^{o}_{j,t*}$ liegen, für das noch keine Fahrt festgelegt wurde. Müssen am Ende des Abschnitts |i| Fahrzeugeinheiten an das Fahrzeug an- oder abgekoppelt werden, dann gilt

$$AB^{o}_{j,t*} = AB^{n}_{i,t} + BZ_i + HZ_i + KZ \qquad (3.47)$$

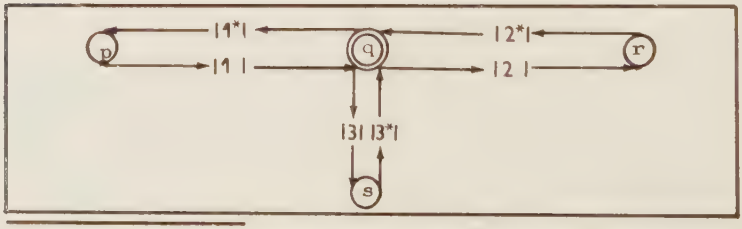
$$t* + t \quad \text{oder} \quad t + 1$$

Ist vom Abschnitt |j| aus wiederum eine direkte Fortsetzung zu irgendwelchen Streckenabschnitten möglich, dann wird das obige Verfahren entsprechend für diese Abschnitte durchgeführt.

Nach der Festlegung der Fahrten werden wie in Formel (3.39), S. 62, beschrieben, die Fahrzeugnummern bestimmt.

Als Beispiel soll das soeben beschriebene Verfahren auf das in der folgenden Abbildung 3-3 dargestellte fiktive Verkehrsnetz angewandt werden

Abbildung 3-3: Fiktives Verkehrsnetz mit einem Knotenpunkt und drei Endpunkten



1) Durch den Index t* wird berücksichtigt, daß aufgrund der Fahrtdauer die Abfahrzeit auf dem Abschnitt |j| schon in der nächsten Periode liegen kann.

Die Beförderungszeit auf den Abschnitten |1| und |1*| soll 5 Minuten, auf |2| und |2*| 6 Minuten und auf |3| und |3*| 4 Minuten betragen. Die Haltezeit im Knotenpunkt sei eine Minute und die Umsteigezeit zwei Minuten. Der Fahrplan soll für die Periode t = 1o, d.h. für die Zeit von 9 bis 1o Uhr festgelegt werden.

Auf Abschnitt |1| bzw. |1*| sollen $FZ_{1,1o} = 4$ Fahrzeuge, die alle vom Typ 3 sein sollen, eingesetzt werden. Auf |2| bzw. |2*| sollen 3 Fahrzeuge fahren, zwei vom Typ 3 und einer vom Typ 1. Auf |3| bzw. |3*| ist jeweils ein Fahrzeug vom Typ 1 und Typ 2 einzusetzen.

Die Streckenabschnitte werden in der folgenden Reihenfolge bearbeitet: |1| , |2| , |2*| , |1*| , |3| , |3*|
Außerdem soll eine direkte Fortsetzung nur bei Fahrten, die mit dem gleichen Fahrzeugtyp durchzuführen sind, möglich sein.

Die Parameter für die Größe der Abfahrtintervalle seien $n = 3/12$ und $v = 2/3$.
Die Abfahrten der vier Fahrzeuge auf den Abschnitten |1| und |1*| müssen dann innerhalb der folgenden vier Zeitintervalle stattfinden:

$$\Delta T^1_{1,1o} = \left[8.57,\ 9.1o\right]$$

$$\Delta T^2_{1,1o} = \left[9.12,\ 9.25\right]$$

$$\Delta T^3_{1,1o} = \left[9.27,\ 9.4o\right]$$

$$\Delta T^4_{1,1o} = \left[9.42,\ 9.55\right]$$

Auf Abschnitt |2| bzw. |2*| und |3| bzw. |3*| gilt dann entsprechend:

$$\Delta T^1_{2,1o} = \left[8.55,\ 9.13\right]$$

$$\Delta T^2_{2,1o} = \left[9.15,\ 9.33\right]$$

$$\Delta T^{3}_{2,1o} = \left[9.35,\ 9.53\right]$$

$$\Delta T^{1}_{3,1o} = \left[8.53,\ 9.2o\right]$$

$$\Delta T^{2}_{3,1o} = \left[9.23,\ 9.5o\right]$$

Man beginnt mit der Festlegung der zeitlichen Struktur auf Abschnitt |1| . Das erste Fahrzeug hat dann die Abfahrtzeit $AB^{1}_{1,1o} = 9.oo$ und die Ankunftzeit $AN^{1}_{1,1o} = 9.o5$. Da auf den übrigen Streckenabschnitten noch keine Fahrten festgelegt sind, brauchen Umsteige- und Anschlußbedingungen nicht berücksichtigt werden. Auf Abschnitt |2| müssen 2 Fahrzeuge vom Typ 3 eingesetzt werden. Bei einer direkten Fortsetzung des ersten Fahrzeugs beträgt die Abfahrtzeit auf Abschnitt |2| nach Formel (3.46) 9.o6 Uhr. Da dieser Zeitpunkt innerhalb des zugelassenen Intervalls $\left[8.55,\ 9.13\right]$ liegt, kann eine direkte Fortsetzung vorgenommen werden. Da vom Abschnitt |2| aus keine direkte Fortsetzung mehr möglich ist, endet das Fahrzeug vorläufig hier.[1] Für das Fahrzeug mit der laufenden Nummer 1 gilt dann:

	Fahrzeugnummer	13o
Streckenabschnitt |1|	Abfahrt	9.oo
	Ankunft	9.o5
	Fahrzeugnummer	132
Streckenabschnitt |2|	Abfahrt	9.o6
	Ankunft	9.12

Das Fahrzeug mit der laufenden Nummer 2 beginnt seine Fahrt um 9.15 Uhr und kommt um 9.2o Uhr am Ende von Abschnitt |1| an. Hier ist wiederum eine direkte Fortsetzung zum Abschnitt |2| möglich. Es gilt damit:

	Fahrzeugnummer	23o
Streckenabschnitt |1|	Abfahrt	9.15
	Ankunft	9.2o

1) Das Problem der indirekten Fortsetzung wird im folgenden Abschnitt 3.43 besprochen.

	Fahrzeugnummer	232
Streckenabschnitt |2|	Abfahrt	9.21
	Ankunft	9.27

Bei den nächsten beiden Fahrzeugen, die auf Abschnitt |1| um 9.3o bzw. 9.45 Uhr abfahren und um 9.35 bzw. 9.5o Uhr ankommen, ist keine direkte Fortsetzung möglich, da auf Abschnitt |2| und auf Abschnitt |3| kein Fahrzeug vom Typ 3 mehr festzulegen ist. Es gilt also für die beiden Fahrzeuge mit der laufenden Nummer 3 und 4

	Fahrzeugnummer	333	433
Streckenabschnitt |1|	Abfahrt	9.3o	9.45
	Ankunft	9.35	9.5o

Auf Streckenabschnitt |2| , der als nächster bearbeitet wird, fahren bereits durch die direkten Fortsetzungen zwei Fahrzeuge vom Typ 3. Es muß noch eine Fahrt festgelegt werden, die innerhalb des Zeitintervalls $[9.35, 9.53]$ beginnen muß und von einem Fahrzeug des Typ 1 durchgeführt werden muß. Hier sind zum erstenmal Anschlußbedingungen zu beachten. Auf Abschnitt |1| endet die Fahrt 333 um 9.35. Optimale Anschlußbedingungen sind dann gegeben, wenn die Fahrt auf Abschnitt |2| um 9.37 beginnt. Nun ist noch zu prüfen, ob zu dieser Fahrt eine direkte Fortsetzung vom Abschnitt |3*| aus möglich ist. Diese Möglichkeit ist hier gegeben. Für das Fahrzeug mit der laufenden Nummer 5 gilt damit in Übereinstimmung mit Formel (3.43) und(3.44)

	Fahrzeugnummer	51o
Streckenabschnitt |3*|	Abfahrt	9.32
	Ankunft	9.36

	Fahrzeugnummer	512
Streckenabschnitt |2|	Abfahrt	9.37
	Ankunft	9.43

Damit sind auf Abschnitt |1| und |2| alle Fahrten festgelegt. Der nächste Abschnitt, der bearbeitet wird, ist der Streckenabschnitt |2*| . Da auf den Abschnitten |1*| und |3| noch keine Fahrten festgelegt sind, sind keine Umsteigemög-

lichkeiten zu beachten. Die drei Abfahrten finden also um 9.oo, 9.2o und 9.4o Uhr statt. Bei den ersten beiden Fahrten werden Fahrzeuge vom Typ 3, bei der letzten Fahrt ein Fahrzeug vom Typ 1 eingesetzt. Bei den ersten beiden Fahrten ist eine direkte Fortsetzung zum Abschnitt |1*| möglich. Die letzte Fahrt kann zum Abschnitt |3| fortgesetzt werden.
Damit gilt:

	Fahrzeugnummer	63o	73o	81o
Streckenabschnitt |2*|	Abfahrt	9.oo	9.2o	9.4o
	Ankunft	9.o6	9.26	9.46

	Fahrzeugnummer	632	732
Streckenabschnitt |1*|	Abfahrt	9.o7	9.27
	Ankunft	9.12	9.32

	Fahrzeugnummer	812
Streckenabschnitt |3|	Abfahrt	9.47
	Ankunft	9.51

Auf Abschnitt |1*| sind noch für die Zeitintervalle $[9.12, 9.25]$ und $[9.42, 9.55]$ Fahrten mit Fahrzeugen vom Typ 3 festzulegen. Direkte Fortsetzungen sind für diese beiden Fahrten nicht mehr möglich. Bei der zweiten Fahrt sind aber noch Anschlußmöglichkeiten von den Fahrten 51o und 81o, die um 9.36 Uhr auf Abschnitt |3*| und um 9.46 Uhr auf Abschnitt |2*| ankommen, zu beachten.

Für die restlichen Fahrten auf Abschnitt |1*| erhält man damit:

	Fahrzeugnummer	933	1o33
Streckenabschnitt |1*|	Abfahrt	9.15	9.48
	Ankunft	9.2o	9.53

Jetzt muß nur noch auf den Streckenabschnitten |3| und |3*| jeweils eine Fahrt mit einem Fahrzeug vom Typ 2 für das Zeitintervall $[8.53, 9.2o]$ festgelegt werden. Bei der Fahrt auf dem Streckenabschnitt |3| sind Anschlußmöglich-

keiten von den Fahrten 13o und 63o, die auf den Abschnitten |1| und |2*| um 9.o5 und 9.o6 Uhr ankommen, zu beachten. Die Fahrt auf dem Abschnitt |3| beginnt damit um 9.o8 Uhr. Es gilt also:

	Fahrzeugnummer	1123
Streckenabschnitt |3|	Abfahrt	9.o8
	Ankunft	9.12

Bei der Fahrt auf dem Streckenabschnitt |3*| sind Umsteigemöglichkeiten zu den Fahrten 132 und 632, die auf den Strekkenabschnitten |2| und |1*| um 9.o6 und 9.o7 Uhr beginnen, zu beachten. Für diese Fahrt gilt damit:

	Fahrzeugnummer	1223
Streckenabschnitt |3*|	Abfahrt	9.oo
	Ankunft	9.o4

Insgesamt erhält man damit den folgenden Fahrplan:

	Fahrzeugnummer	13o	23o	333	433
Streckenabschnitt |1|	Abfahrt	9.oo	9.15	9.3o	9.45
	Ankunft	9.o5	9.2o	9.35	9.5o
	Fahrzeugnummer	132	232	512	
Streckenabschnitt |2|	Abfahrt	9.o6	9.21	9.37	
	Ankunft	9.12	9.27	9.43	
	Fahrzeugnummer	1123		812	
Streckenabschnitt |3|	Abfahrt	9.o8		9.47	
	Ankunft	9.12		9.51	
	Fahrzeugnummer	1223		51o	
Streckenabschnitt |3*|	Abfahrt	9.oo		9.32	
	Ankunft	9.o4		9.36	
	Fahrzeugnummer	63o		73o	81o
Streckenabschnitt |2*|	Abfahrt	9.oo		9.2o	9.4o
	Ankunft	9.o6		9.26	9.46
	Fahrzeugnummer	632	933	732	1o33
Streckenabschnitt |1*|	Abfahrt	9.o7	9.15	9.27	9.48
	Ankunft	9.12	9.2o	9.32	9.53

3.4.3 Der Fahrzeugeinsatz

Ist, wie in Abschnitt 3.4.2 beschrieben, die zeitliche Struktur des Verkehrsablaufes festgelegt worden, wird für jeden Depotpunkt ein Fahrzeugeinsatzplan aufgestellt. Der F a h r z e u g e i n s a t z p l a n muß für jeden einzelnen D e p o t p u n k t (p) die folgenden Fragen beantworten:

(1) Zu welchen Zeiten und auf welchen Streckenabschnitten |i| fahren Fahrzeuge vom Depotpunkt ab?

(2) Zu welchen Zeiten und auf welchen Streckenabschnitten |h| kommen Fahrzeuge im Depotpunkt (p) an?

(3) Wieviele Fahrzeugeinheiten werden für die auf den Abschnitten |i| abfahrenden Fahrzeuge benötigt?

(4) Wieviele Fahrzeugeinheiten werden durch die auf den Abschnitten |h| ankommenden Fahrzeuge im Depotpunkt (p) frei für einen Neueinsatz?

(5) Woher bekommt man die für die Abschnitte |i| benötigten Fahrzeugeinheiten?

(6) Wie werden die frei werdenden Fahrzeugeinheiten der Abschnitte |h| neu eingesetzt?[1)]

Zu (1):

Um festzustellen, zu welchen Zeiten und auf welchen Streckenabschnitten Fahrzeuge einen Depotpunkt (p) verlassen, werden alle Fahrzeuge, die in (p) abfahren, nach der zeitlichen Reihenfolge ihrer Abfahrt geordnet und unter Angabe des Streckenabschnitts |i| , den sie befahren, aufgeführt.

Zu (2):

Um zu wissen, zu welchen Zeiten und auf welchen Streckenabschnitten Fahrzeuge einen Depotpunkt (p) anlaufen, geht man entsprechend wie bei den abfahrenden Fahrzeugen vor. Alle

---

1) Vgl. Abschnitt 3.1.3, S. 35

Fahrzeuge werden nach ihrer Ankunftszeit geordnet und unter Angabe des benutzten Streckenabschnitts |h| aufgeführt.

Zu (3):

Die Frage, wieviele Fahrzeugeinheiten für die im Depotpunkt (p) abfahrenden Fahrzeuge benötigt werden, läßt sich mit Hilfe der Fahrzeugnummern ZNR[1)] beantworten. Jedes Fahrzeug besitzt eine Fahrzeugnummer ZNR, die aus maximal sechs Ziffern Z6, Z5, Z4, Z3, Z2, Z1 besteht. Die Ziffer Z1 beinhaltet die Einsatzart, während Z 2 den Fahrzeugtyp angibt. Z1 kann die Werte 0, 1, 2 oder 3 annehmen. Wenn ein Fahrzeug in (p) neu eingesetzt wird, gilt entweder Z1 = 0 oder Z1 = 3. In diesem Fall werden soviele Fahrzeugeinheiten benötigt, wie der Fahrzeugtyp beträgt, nämlich genau Z2 Einheiten. Ist das Fahrzeug in einem anderen Depotpunkt eingesetzt worden, so hat es schon einen ankommenden Streckenabschnitt |h| befahren, hält in (p) und fährt dann auf einem abgehenden Streckenabschnitt |i| weiter. In diesem Fall gilt entweder Z1 = 1 oder Z1 = 2. Für solche Fahrzeuge werden in (p) nur dann Einheiten benötigt, wenn die Zahl der Fahrzeugeinheiten Z2 auf dem abgehenden Abschnitt |i| größer ist als der Fahrzeugtyp $\tilde{Z2}$ auf dem ankommenden Streckenabschnitt |h| . Trifft diese Tatsache zu, müssen dann in (p) Z2 - $\tilde{Z2}$ Fahrzeugeinheiten an das Fahrzeug angehangen werden.[2)]

Bezeichnet man die für ein in (p) abfahrendes Fahrzeug benötigten Einheiten mit BZE , dann läßt sich formelmäßig die Ermittlung der benötigten Fahrzeugeinheiten für den Depotpunkt (p) folgendermaßen zusammenfassen:

$$BZE_p = \begin{cases} Z\,2 & \text{falls } Z1 = 0 \text{ oder } Z1 = 3 \\ Z\,2 - \tilde{Z2} & \text{falls } Z1 = 1 \text{ oder } Z1 = 2 \\ & \text{und } Z2 - \tilde{Z2} > 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \qquad (3.48)$$

1) Vgl. S. 62

2) Falls Z2 = $\tilde{Z2}$ werden keine Zugeinheiten benötigt. Ist Z2 kleiner als $\tilde{Z2}$ werden Zugeinheiten frei. Dieser Fall wird beim folgenden Punkt (4) beantwortet.

wobei auf |i| ZNR = 'Z6, Z5, Z4, Z3, Z2, Z1'

und auf |h| ZNR = 'Z6, Z5, Z4, Z3, $\tilde{Z2}$, Z1' ist

Zu (4):

Bei den in (p) ankommenden Fahrzeugen wird wie bei (3) mit Hilfe der Ziffern Z1 und Z2 der Fahrzeugnummern festgestellt, wieviele Einheiten in (p) verbleiben und damit für einen Neueinsatz frei werden.

Endet ein ankommendes Fahrzeug in (p) , gilt entweder Z1 = 2 oder Z1 = 3. In diesem Fall bleiben Z2 Einheiten im Depotpunkt. Fährt ein ankommendes Fahrzeug nach einem Halt in auf einem abgehenden Streckenabschnitt |i| weiter, gilt entweder Z1 = 0 oder Z1 = 1. Für solche Fahrzeuge werden in (p) nur Einheiten frei, wenn die Zahl der auf |i| benötigten Fahrzeugeinheiten $\tilde{Z2}$ kleiner ist als der Typ Z2 auf dem ankommenden Streckenabschnitt |h| . In diesem Fall werden in (p) Z2 - $\tilde{Z2}$ Einheiten abgehangen und frei für einen Neueinsatz.

Bezeichnet man die für ein in (p) ankommendes Fahrzeug freiwerdenden Einheiten mit FZE , dann läßt sich formelmäßig die Ermittlung der freiwerdenden Fahrzeugeinheiten für den Depotpunkt (p) folgendermaßen zusammenfassen:

$$FZE_p = \begin{cases} Z2 & \text{falls } Z1 = 2 \text{ oder } Z1 = 3 \\ Z2 - \tilde{Z2} & \text{falls } Z1 = 0 \text{ oder } Z1 = 1 \\ & \text{und } Z2 - \tilde{Z2} > 0 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \qquad (3.49)$$

wobei auf |h| ZNR = 'Z6, Z5, Z4, Z3, Z2, Z1'

und auf |i| ZNR = 'Z6, Z5, Z4, Z3, $\tilde{Z2}$, Z1' ist.

Zu (5):

Nachdem in (3) festgestellt worden ist, wieviele Fahrzeugeinheiten für die in (p) abfahrenden Fahrzeuge benötigt werden, ist nun zu entscheiden, woher man die benötigten Einheiten bekommt. Zunächst wird versucht, den Bedarf

mit den Fahrzeugeinheiten zu decken, die in (p) nach Einsatzende frei werden und nach der Wendezeit WZ von 10 Minuten[1] wieder neu eingesetzt werden können. Reichen diese Einheiten nicht aus, ist der Bedarf durch in einem Depot bereitstehende Fahrzeugeinheiten zu decken. Durch Aufsummierung der jeweils aus dem Depot benötigten Fahrzeugeinheiten wird dann ermittelt, wieviele Einheiten insgesamt im Depotpunkt (p) bereitzuhalten sind, um den Fahrplan durchführen zu können.

Zu (6):

Diese Frage nach dem Einsatz der freiwerdenden Fahrzeugeinheiten ist durch (5) schon teilweise beantwortet worden, weil dort bereits entschieden worden ist, welche der freiwerdenden Einheiten zu welchen abfahrenden Fahrzeugen kommen. Man muß nur noch feststellen, wieviele freiwerdende Einheiten nicht zu einem Neueinsatz kommen, weil der Bedarf schon gedeckt ist. Diese überschüssigen Fahrzeugeinheiten werden im Depot abgestellt. Durch die Prämissen der Untersuchung ist gewährleistet, daß für jeden Depotpunkt des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet im Laufe eines Tages genausoviele Fahrzeugeinheiten im Depot abgestellt werden, wie dem Depot entnommen werden.[2]
Das Fahrplanbeispiel von S.71 wird nun benutzt, um für den Depotpunkt (q) des in Abbildung 3-3[3] dargestellten fiktiven Verkehrsnetzes einen Fahrzeugeinsatzplan zu erstellen. Das Ergebnis ist in den beiden folgenden Tabellen 3-3 und 3-4 enthalten.

---

1) Vgl. S. 17
2) Vgl. S. 20
3) Vgl. S. 60

Tabelle 3-3: Fahrzeugeinsatzplan für den Depotpunkt (q) des in Abbildung 3-3 dargestellten fiktiven Verkehrsnetzes aufgrund des Fahrplans von S. 71 für abfahrende Fahrzeuge

Abfahrt	Strecken-abschnitt	Zug-nummer	Einsatzart	benötigte Zugeinheiten	Beschaffung der benötigten Zugeinheiten			
					vom Zug	Ankunft	Einheiten	Einheiten aus dem Depot
9.06	|2|	132	Durchfahrt	0	.	.	.	0
9.07	|1*|	632	Durchfahrt	0	.	.	.	0
9.08	|3|	1123	Neueinsatz	2	.	.	.	2
9.15	|1*|	933	Neueinsatz	3	1223	9.04	2	1
9.21	|2|	232	Durchfahrt	0	.	.	.	0
9.27	|1*|	732	Durchfahrt	0	.	.	.	0
9.37	|2|	512	Durchfahrt	0	.	.	.	0
9.47	|3|	812	Durchfahrt	0	.	.	.	0
9.48	|1*|	1033	Neueinsatz	3	333	9.35	3	0

Tabelle 3-4: Fahrzeugeinsatzplan für den Depotpunkt (9) des in Abbildung 3-3 dargestellten fiktiven Verkehrsnetzes aufgrund des Fahrplans von S. 71 für ankommende Fahrzeuge

Ankunft	Strecken-abschnitt	Zug-nummer	Einsatzart	freiwerdende Zugeinheiten	Verwendung der freiwerdenden Zugeinheiten			
					zum Zug	Abfahrt	Einheiten	Einheiten in das Depot
9.04	|3*|	1223	Einsatzende	2	933	9.15	2	0
9.05	|1|	130	Durchfahrt	0	.	.	.	0
9.06	|2*|	630	Durchfahrt	0	.	.	.	0
9.20	|1|	230	Durchfahrt	0	.	.	.	0
9.26	|2*|	730	Durchfahrt	0	.	.	.	0
9.35	|1|	333	Einsatzende	3	1033	9.48	3	0
9.36	|3*|	510	Durchfahrt	0	.	.	.	0
9.46	|2*|	810	Durchfahrt	0	.	.	.	0
9.50	|1|	433	Einsatzende	3	.	.	.	3

3.4.4 Der Personaleinsatz

Analog zum Fahrzeugeinsatz wird der Personaleinsatz festgelegt.
Zunächst wird wieder für jeden Depotpunkt (p) festgestellt, zu welchen Zeiten und auf welchen Streckenabschnitten Fahrzeuge ankommen und abfahren. Dann wird festgestellt, ob für die im Depotpunkt (p) abfahrenden Fahrzeuge eine neue Fahrzeugbesatzung benötigt wird. Diese Frage läßt sich mit Hilfe der Ziffer Z1 der Fahrzeugnummern ZNR beantworten. Wird ein Fahrzeug im Depotpunkt neu eingesetzt, gilt entweder Z1 = 0 oder Z1 = 3. In diesem Fall wird eine neue Fahrzeugbesatzung benötigt. Ist das Fahrzeug in einem anderen Depotpunkt eingesetzt worden, so hat es schon einen ankommenden Streckenabschnitt |h| befahren, hält in (p) und fährt dann auf einem abgehenden Streckenabschnitt |i| weiter. In diesem Fall gilt entweder Z1 = 1 oder Z1 = 2. Für diese Fahrzeuge wird im Depotpunkt (p) keine neue Fahrzeugbesatzung benötigt.[1)]
Bezeichnet man die für ein in (p) abfahrendes Fahrzeug neu einzusetzende Fahrzeugbesatzung mit NFB_p , dann gilt:

$$NFB_p = \begin{cases} 1 & \text{falls } Z1 = 0 \text{ oder } Z1 = 3 \\ 0 & \text{falls } Z1 = 1 \text{ oder } Z1 = 2 \end{cases} \qquad (3.5o)$$

Es wird nun festgestellt, ob die im Depotpunkt (p) ankommenden Fahrzeuge in (p) enden oder nicht. Endet ein Fahrzeug in (p) , gilt entweder Z1 = 2 oder Z1 = 3. In diesem Fall verbleibt die Fahrzeugbesatzung in (p) und kann dann wieder neu eingesetzt werden oder den Dienst beenden. Fährt ein ankommendes Fahrzeug nach einem Halt in (p) auf einem abgehenden Streckenabschnitt |i| weiter, gilt entweder Z1 = 0 oder Z1 = 1. In diesem Fall verbleibt die Fahrzeugbesatzung in dem Fahrzeug und verläßt mit diesem den Depotpunkt (p) . Bezeichnet man die für ein in (p) ankommendes Fahrzeug

---

1) Vgl. S. 42

freiwerdende Fahrzeugbesatzung mit FFB_p , dann gilt:

$$FFB_p = \begin{cases} 1 & \text{falls } Z1 = 2 \text{ oder } Z1 = 3 \\ 0 & \text{falls } Z1 = 0 \text{ oder } Z1 = 1 \end{cases} \qquad (3.51)$$

Es muß nun entschieden werden, woher eine neu einzusetzende Fahrzeugbesatzung kommt. Zunächst wird versucht, den Bedarf durch die Personalbesatzungen zu decken, die in (p) nach Einsatzende freiwerden und nach der Zeit WZ wieder neu eingesetzt werden können. Ist hiermit keine Bedarfsdeckung zu erreichen, sind im Depotpunkt (p) bereitstehende Fahrzeugbesatzungen neu einzusetzen. Durch Aufsummierung wird dann ermittelt, wieviele Fahrzeugbesatzungen im Depotpunkt (p) bereitzuhalten sind, um den Fahrplan durchführen zu können. Werden durch ankommende Fahrzeuge mehr Fahrzeugbesatzungen frei für den Neueinsatz als durch abfahrende Fahrzeuge benötigt werden, können die überschüssigen Besatzungen ihren Dienst beenden. Ein ausführlicher Personaleinsatzplan, bei dem noch verschiedene gesetzliche, tarifliche und betriebliche Nebenbedingungen zu berücksichtigen sind,[1)] wird in dieser Arbeit nicht erstellt. Vereinfachend kann man annehmen, daß für die Durchführung eines Fahrplans das Personal in drei Schichten eingesetzt werden muß und die für jeden Depotpunkt (p) ermittelte Personalzahl in jeder Schicht bereitstehen muß. Wie beim Fahrzeugeinsatz wird als Beispiel der Fahrplan von S. 71 benutzt. Aufgrund dieses Fahrplans ergibt sich für den Depotpunkt (q) des in Abbildung 3-3 dargestellten Verkehrsnetzes der in den folgenden Abbildungen 3-5 und 3-6 dargestellte Personaleinsatz.

---

1) Vgl. SCHEUNERT, J.: Automatisierte Datenverarbeitung im Bereich des Fahr- und Dienstplanwesens eines Verkehrsunternehmens. In: Schriftenreihe für Verkehr und Technik, Bielefeld 1968, Heft 38, S. 85.

Tabelle 3-5: Personaleinsatz für den Depotpunkt (q) des in Abbildung 3-3 dargestellten fiktiven Verkehrsnetzes aufgrund des Fahrplans von S.71 für abfahrende Fahrzeuge

Abfahrt	Strecken-abschnitt	Fahrzeug-nummer	Einsatzart	Personal-bedarf	Deckung des Personalbedarfs		
					vom Zug	Ankunft	Dienstbeginn
9.06	|2|	132	Durchfahrt	0	.	.	0
9.07	|1*|	632	Durchfahrt	0	.	.	0
9.08	|3|	1123	Neueinsatz	1	.	.	1
9.15	|1*|	933	Neueinsatz	1	1223	9.04	0
9.21	|2|	232	Durchfahrt	0	.	.	0
9.27	|1*|	732	Durchfahrt	0	.	.	0
9.37	|2|	512	Durchfahrt	0	.	.	0
9.47	|3|	812	Durchfahrt	0	.	.	0
9.48	|1*|	1033	Neueinsatz	1	333	9.35	0

Tabelle 3-6: Personaleinsatz für den Depotpunkt (q) des in Abbildung 3-3 dargestellten fiktiven Verkehrsnetzes aufgrund des Fahrplans von S. 71 für ankommende Fahrzeuge

Ankunft	Strecken-abschnitt	Fahrzeug-nummer	Einsatzart	freiwerdendes Personal	Verwendung des freiwerdenden Personals		
					zum Zug	Abfahrt	Dienstende
9.04	|3*|	1223	Einsatzende	1	933	9.15	0
9.05	|1|	130	Durchfahrt	0	·	·	0
9.06	|2*|	630	Durchfahrt	0	·	·	0
9.20	|1|	230	Durchfahrt	0	·	·	0
9.26	|2*|	730	Durchfahrt	0	·	·	0
9.35	|1|	333	Einsatzende	1	1033	9.48	0
9.36	|3*|	510	Durchfahrt	0	·	·	0
9.46	|2*|	810	Durchfahrt	0	·	·	0
9.50	|1|	433	Einsatzende	1	·	·	1

4 Die Ergebnisse der Untersuchung

4.1 Der Fahrplan für den Spitzenverkehr

Das in Abschnitt 3.4 entwickelte Fahrplanmodell wurde programmiert. Die numerische Auswertung erfolgte auf einer IBM 360/50 des Rechenzentrums der Universität Münster.

Für 24 Parametervariationen wurde entsprechend der Zielfunktion, S. 48 für den Spitzenverkehr zwischen 7 und 8 Uhr[1] untersucht, wieviele F a h r z e u g e i n h e i t e n für die Durchführung der einzelnen Fahrpläne benötigt werden.

Zunächst wurde untersucht, welchen Einfluß die beiden Zeitparameter u und v[2] auf die Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten haben, wenn eine direkte Fortsetzung nur mit dem gleichen Fahrzeugtyp möglich ist.[3] Die Reihenfolge der Streckenbearbeitung[4] blieb konstant. Mit der Festlegung der Fahrten wurde jeweils im Endpunkt Düsseldorf-Hbf. begonnen.[5] Es ergaben sich dabei die in Tabelle 4-1 dargestellten Ergebnisse.

---

1) In der anderen Spitzenstunde zwischen 17 und 18 Uhr herrscht der gleiche Verkehr wie in der morgendlichen Spitzenzeit. Deshalb kann man sich auf die Zeit zwischen 7 und 8 Uhr beschränken.

2) Vgl. S. 61

3) Vgl. S. 63

4) Vgl. S. 63

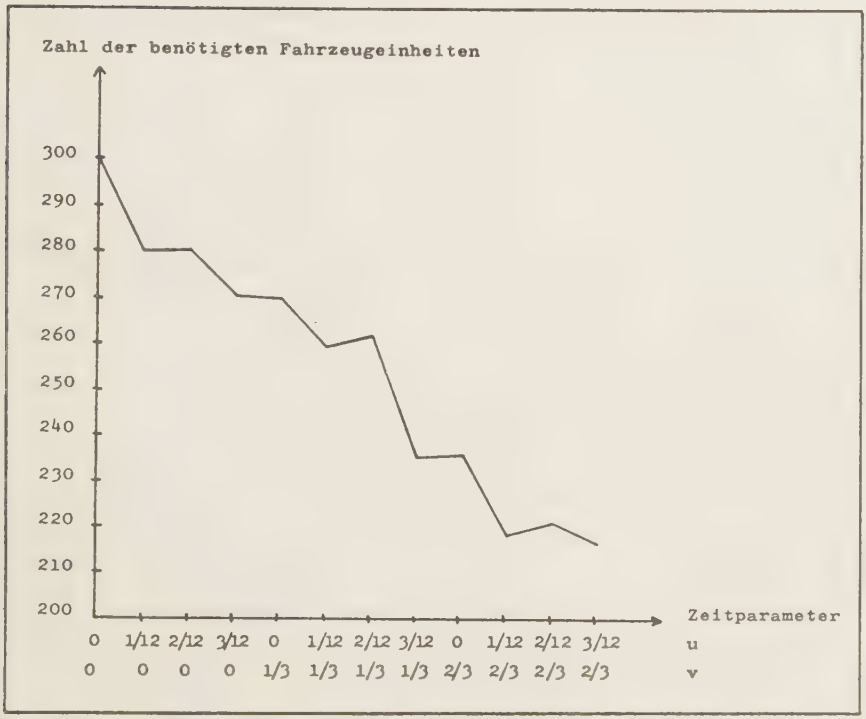
5) Vgl. Abb. 2-1, S. 11

Tabelle 4-1: Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten bei direkter Fortsetzung nur mit gleichem Fahrzeugtyp bei verschiedenen Zeitparametern u und v

Zeitparameter u	Zeitparameter v	Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten
0	0	302
1/12	0	285
2/12	0	286
3/12	0	274
0	1/3	289
1/12	1/3	276
2/12	1/3	273
3/12	1/3	250
0	2/3	224
1/12	2/3	220
2/12	2/3	222
3/12	2/3	216

Zur Veranschaulichung sind die Ergebnisse in Abbildung 4-1 graphisch dargestellt. Hieraus ist zu ersehen, daß eine Vergrößerung der Abfahrintervalle tendenziell zu einer Verringerung der Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten führt. Die günstigste Lösung mit 216 Fahrzeugeinheiten ergibt sich mit den Zeitparametern u = 3/12 und v = 2/3.

Abbildung 4-2: Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten bei direkter Fortsetzung mit beliebigem Fahrzeugtyp in Abhängigkeit von den Zeitparametern u und v



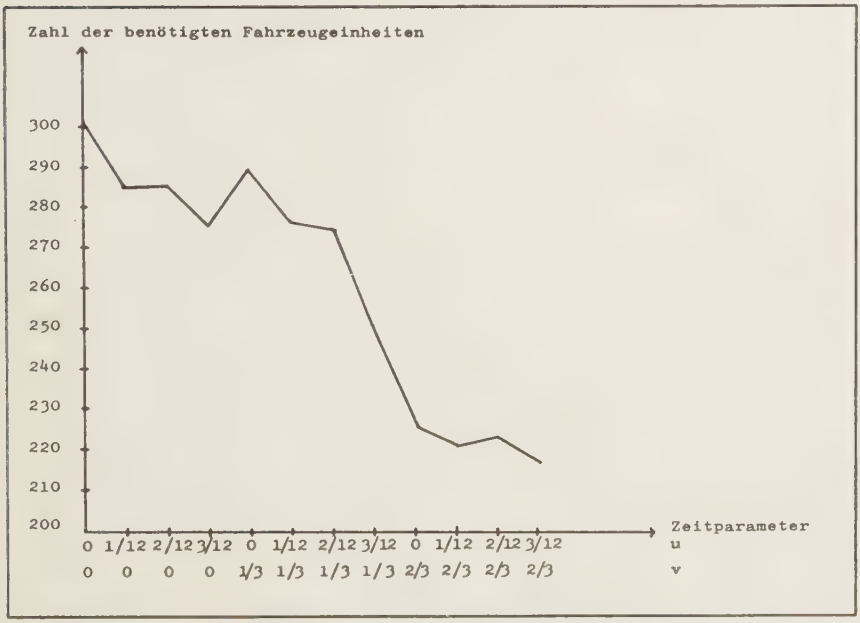
Anschließend wurde festgestellt, welche Lösungen sich ergeben, wenn die beiden Zeitparameter u und v variiert werden und eine direkte Fortsetzung mit beliebigem Fahrzeugtyp möglich ist. Mit der Festlegung der Fahrten wurde auch hier jeweils im Endpunkt Düsseldorf-Hbf. begonnen. Die Ergebnisse, die sich hierbei ergaben, sind in der folgenden Tabelle 4-2 dargestellt.

Tabelle 4-2: Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten bei direkter Fortsetzung mit beliebigem Fahrzeugtyp bei verschiedenen Zeitparametern u und v

Zeitparameter u	Zeitparameter v	Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten
0	0	299
1/12	0	280
2/12	0	281
3/12	0	270
0	1/3	270
1/12	1/3	258
2/12	1/3	262
3/12	1/3	234
0	2/3	235
1/12	2/3	218
2/12	2/3	221
3/12	2/3	216

Zur Veranschaulichung sind auch hier die Ergebnisse in einer Abbildung graphisch dargestellt. Aus dieser Abbildung 4-2 ist zu ersehen, daß wie in Abbildung 4-1 die Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten bei Vergrößerung der Abfahrintervalle tendenziell abnimmt. Die günstigste Lösung wird auch hier bei den Zeitparametern u = 3/12 und v = 2/3 mit 216 Fahrzeugeinheiten erreicht.

Abbildung 4-1: Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten bei direkter Fortsetzung nur mit gleichem Fahrzeugtyp in Abhängigkeit von den Zeitparametern u und v



Es wurde nun untersucht, ob sich bei einer Änderung der Reihenfolge der Streckenbearbeitung noch bessere Lösungen als die mit 216 Fahrzeugeinheiten ergaben. Die Zeitparameter u und v blieben mit u = 3/12 und v = 2/3 konstant. Dabei wurden die in der folgenden Tabelle 4-3 dargestellten Ergebnisse erzielt.

Tabelle 4-3: Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten bei Veränderung der Reihenfolge der Streckenbearbeitung

Beginn der Streckenbearbeitung	Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten direkte Fortsetzung nur mit gleichem Fahrzeugtyp	Fahrzeugeinheiten direkte Fortsetzung mit beliebigem Fahrzeugtyp
Düsseldorf-Hbf.	216	216
Oberhausen-Hbf.	221	216
Bottrop-Mitte	217	218
Langenberg	219	216
Hattingen(Ruhr)-Mitte	208	217
Herne-Hbf.	217	217
Dortmund-Mengede	220	222
Unna-Königsborn	217	217
Witten-Hbf.	215	214

Die günstigste Lösung mit 208 benötigten Fahrzeugeinheiten für den Spitzenverkehr liegt also dann vor, wenn der Fahrplan mit den beiden Zeitparametern u = 3/12 und v = 2/3 bei direkter Fortsetzung nur mit gleichem Fahrzeugtyp vom Endpunkt Hattingen(Ruhr)-Mitte aus festgelegt wird. Wie sich die 208 benötigten Fahrzeugeinheiten auf die einzelnen Depotpunkte verteilen, ergibt sich aus der folgenden Tabelle 4-4.

Tabelle 4-4: Bedarf an Fahrzeugeinheiten in den einzelnen Depotpunkten des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet

Depotpunkt	Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten
Düsseldorf-Hbf.	21
Mülheim(Ruhr)-Styrum	17
Oberhausen-Hbf.	6
Essen-West	12
Bottrop-Mitte	14
Essen-Hbf.	14
Essen-Steele-West	7
Langenberg	5
Essen-Steele	19
Hattingen(Ruhr)-Mitte	12
Dortmund-Dorstfeld	32
Herne-Hbf.	12
Dortmund-Mengede	12
Unna-Königsborn	12
Dortmund-Hbf.	8
Witten-Hbf.	5
$\sum$	208

4.2 Der Fahrplan für den Verkehr außerhalb der Spitzenzeiten

Um die Rechenzeit für die verschiedenen Parametervariationen nicht zu groß werden zu lassen, wurde für den Verkehr außerhalb der Spitzenzeiten nur der Zeitraum von 8 bis 11 Uhr anschließend an die Morgenspitze von 7 bis 8 Uhr betrachtet.[1] Insgesamt wurde jeweils ein Fahrplan von 7 bis 11 Uhr berechnet, wobei für die Zeit von 7 bis 8 Uhr die günstigste Lösung des Spitzenverkehrs übernommen wurde und in der anschließenden Zeit von 8 bis 11 Uhr die einzelnen Parameter variiert wurden. Entsprechend der Zielvorstellung für den Verkehr außerhalb der Spitzenzeiten[2] wurde untersucht, welche G e s a m t w a r t e z e i t e n sich bei den einzelnen Fahrplänen ergeben.

Wie beim Spitzenverkehr wurden zunächst die Zeitparameter u und v variiert, wobei eine direkte Fortsetzung nur mit dem gleichen Fahrzeugtyp möglich war. Mit der Festlegung der Fahrten wurde jeweils im Endpunkt Hattingen (Ruhr)-Mitte begonnen.[3] Bei jeweils insgesamt 1000 Anschlußmöglichkeiten ergaben sich die in Tabelle 4-5 dargestellten Ergebnisse.

---

1) Bei der Wahl dieses Zeitraumes wurde für jede Parametervariation eine Rechenzeit von etwa 2 Minuten benötigt.

2) Vgl. S. 49

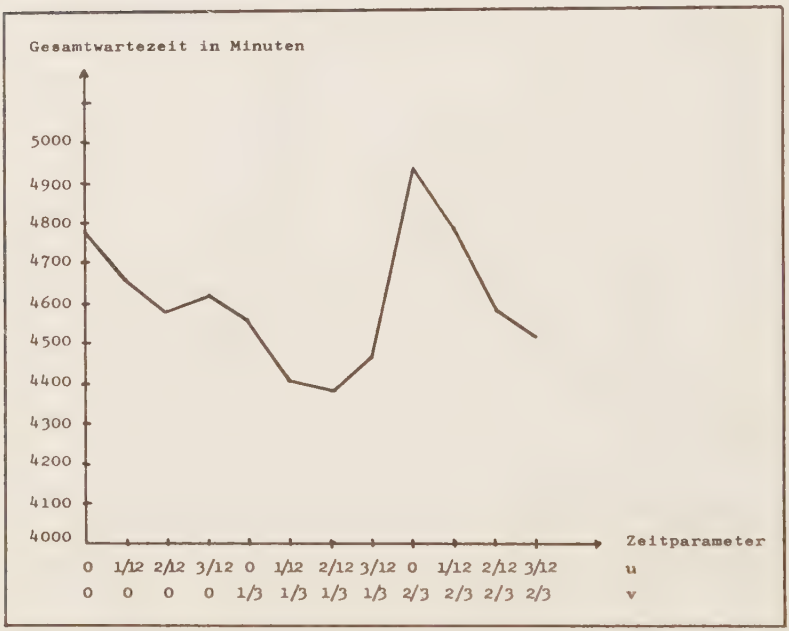
3) Vgl. S. 88

Tabelle 4-5: Gesamtwartezeiten und Zahl der Anschlußmöglichkeiten bei direkter Fortsetzung nur mit gleichem Fahrzeugtyp bei verschiedenen Zeitparametern u und v

Zeitparameter u	Zeitparameter v	Gesamtwartezeit in Minuten	Zahl der Anschlußmöglichkeiten mit direkter Fortsetzung	Zahl der Anschlußmöglichkeiten mit Umsteigen
0	0	4773	214	786
1/12	0	4662	237	763
2/12	0	4586	248	752
3/12	0	4621	256	744
0	1/3	4547	270	730
1/12	1/3	4403	292	708
2/12	1/3	4381	298	702
3/12	1/3	4468	304	696
0	2/3	4925	300	700
1/12	2/3	4772	310	690
2/12	2/3	4577	313	687
3/12	2/3	4505	315	685

Zur Veranschaulichung sind die Gesamtwartezeiten in Abhängigkeit von den Zeitparametern in Abbildung 4-3 graphisch dargestellt. Bis zu den Parameterwerten u = 2/12, v = 1/3 nehmen die Gesamtwartezeiten von 4773 bis auf 4381 Minuten ab; dann erfolgt ein starker Anstieg der Wartezeiten auf 4925 Minuten bei den Parametern u = 0 und v = 2/3. Anschließend sinken die Wartezeiten wieder auf den Wert von 4505 Minuten. Der günstigste Wert mit 4381 Minuten Gesamtwartezeit bei 1000 Anschlußmöglichkeiten ergibt sich damit bei den Zeitparameterwerten u = 2/12 und v = 1/3.

Abbildung 4-3: Gesamtwartezeiten bei direkter Fortsetzung nur mit gleichem Fahrzeugtyp in Abhängigkeit von den Zeitparametern u und v



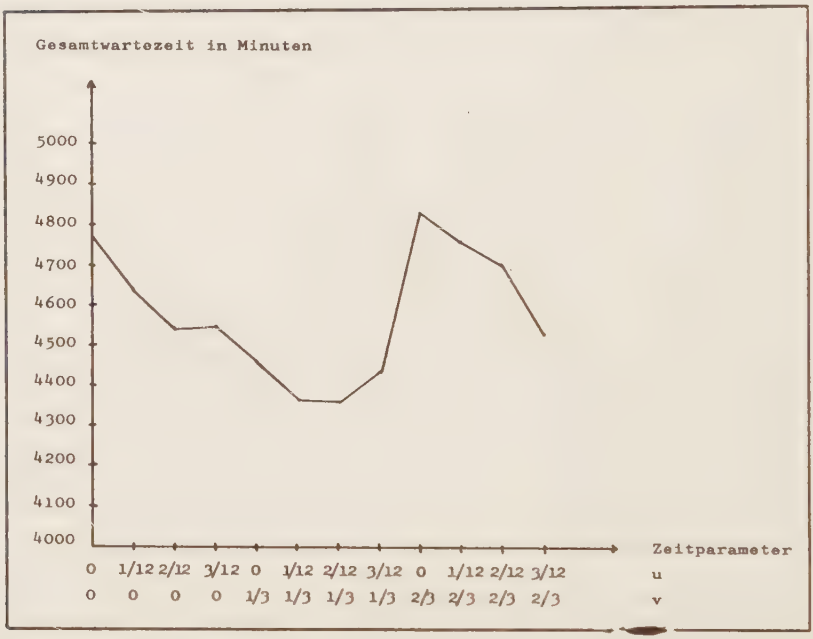
Wie beim Spitzenverkehr wurde anschließend festgestellt, welche Lösungen sich ergeben, wenn die beiden Zeitparameter u und v variiert werden und eine direkter Fortsetzung mit beliebigem Fahrzeugtyp möglich ist. Die Ergebnisse, die sich hierbei ergaben, sind in der folgenden Tabelle 4-6 dargestellt.

Tabelle 4-6: Gesamtwartezeiten und Zahl der Anschlußmöglichkeiten bei direkter Fortsetzung mit beliebigem Fahrzeugtyp bei verschiedenen Zeitparamtern u und v

Zeitparameter u	Zeitparameter v	Gesamtwartezeit in Minuten	Zahl der Anschlußmöglichkeiten mit direkter Fortsetzung	Zahl der Anschlußmöglichkeiten mit Umsteigen
0	0	4769	215	785
1/12	0	4627	254	746
2/12	0	4533	269	731
3/12	0	4535	278	722
0	1/3	4459	288	712
1/12	1/3	4332	312	688
2/12	1/3	4332	313	687
3/12	1/3	4429	318	682
0	2/3	4821	321	679
1/12	2/3	4753	329	671
2/12	2/3	4704	330	670
3/12	2/3	4517	333	667

Zur Veranschaulichung sind auch hier die Gesamtwartezeiten in Abhängigkeit von den Zeitparametern in der folgenden Abbildung 4-4 graphisch dargestellt worden. Es zeigt sich hier die gleiche Tendenz wie in Abbildung 4-3. Bis zu den Parameterwerten u = 2/12 und v = 1/3 nehmen die Gesamtwartezeiten von 4769 bis auf 4332 Minuten ab, dann erfolgt wieder ein starker Anstieg auf 4821 Minuten bei den Parametern u = 0 und v = 2/3 und anschließend ein Sinken auf den Wert von 4517 Minuten. Mit den Parameterwerten u = 2/12 und v = 1/3 erhält man auch hier die günstigste Lösung.

Tabelle 4-4: Gesamtwartezeiten bei direkter Fortsetzung mit beliebigem Fahrzeugtyp in Abhängigkeit von den Zeitparametern u und v



Es wurde nun für die Zeitparameter u = 2/12 und v = 1/3 die Reihenfolge der Streckenbearbeitung variiert. Dabei ergaben sich die folgenden Ergebnisse.

Tabelle 4-7: Gesamtwartezeiten und Zahl der Anschlußmöglichkeiten bei Veränderung der Reihenfolge der Streckenbearbeitung

Beginn der Streckenbearbeitung	direkte Fortsetzung nur mit gleichem Fahrzeugtyp			direkte Fortsetzung mit beliebigem Fahrzeugtyp		
	Gesamtwartezeit in Minuten	Zahl der Anschlüsse mit direkter Fortsetzung	mit Umsteigen	Gesamtwartezeit in Minuten	Zahl der Anschlüsse mit direkter Fortsetzung	mit Umsteigen
Düsseldorf-Hbf.	4403	296	704	4323	312	688
Oberhausen-Hbf.	4369	293	707	4330	312	688
Bottrop-Mitte	4324	295	705	4393	312	688
Langenberg	4406	292	708	4355	310	690
Hattingen(Ruhr)-Mitte	4381	298	702	4332	313	687
Herne-Hbf.	4447	295	705	4464	311	689
Dortmund-Mengede	4365	296	704	4318	310	690
Unna-Königsborn	4457	295	705	4408	313	687
Witten-Hbf.	4418	296	704	4397	309	691

Bei direkter Fortsetzung nur mit gleichem Fahrzeugtyp ergibt sich die beste Lösung mit 4324 Minuten Gesamtwartezeit beim Beginn in Bottrop-Mitte. Bei direkter Fortsetzung mit beliebigem Fahrzeugtyp ist die beste Lösung mit 4318 Minuten beim Beginn in Dortmund-Mengede gegeben.

Bei direkter Fortsetzung mit beliebigem Fahrzeugtyp entstehen wegen der Koppelzeit KZ[1)] beim An- und Abkoppeln von Fahrzeugeinheiten tendenziell längere Fahrzeiten. Bei Beginn in Dortmund-Mengede mit 4318 Minuten Gesamtwartezeit beträgt z.B. die durchschnittliche Fahrtdauer von Düsseldorf-Hbf. nach Dortmund-Hbf. 90,3 Minuten, während bei Beginn in Bottrop-Mitte die durchschnittliche Fahrtdauer nur 86,7 Minuten beträgt. Aus diesem Grund wurde beim Gesamtfahrplan der Fahrplanteil für den Verkehr außerhalb der Spitzenzeiten mit den Zeitparametern u = 2/12 und v = 1/3, bei direkter Fortsetzung nur mit gleichem Fahrzeugtyp und Beginn der Streckenbearbeitung in Bottrop-Mitte erstellt.

---

1) Vgl. S. 17

4.3 Der Gesamtfahrplan

Aufgrund der in Abschnitt 4.1 und 4.2 gewonnenen Ergebnisse wurde ein Gesamttagesfahrplan berechnet. In den beiden Spitzenstunden von 7 bis 8 Uhr und 17 bis 18 Uhr wurden die beiden Zeitparameter u = 3/12 und v = 2/3 benutzt. Die Streckenbearbeitung begann im Endpunkt Hattingen (Ruhr)-Mitte.[1] In den übrigen Zeiten wurden die Zeitparameter u = 2/12 und v = 1/3 verwendet und die Streckenbearbeitung begann im Endpunkt Bottrop-Mitte.[2]

Bei insgesamt 5423 Anschlußmöglichkeiten ist in 1321 Fällen eine direkte Fortsetzung möglich. Umsteigen muß man in 4102 Fällen. Die Gesamtwartezeit beträgt 26902 Minuten. Die mittlere Wartezeit ergibt sich damit mit 4,96 Minuten. In 68% aller Fälle beträgt die Wartezeit weniger als 5 Minuten und in 92% aller Fälle weniger als 15 Minuten. Die Wartezeiten über 15 Minuten entstehen hauptsächlich durch die geringen Fahrzeughäufigkeiten während der Nachtzeiten.

Zur Veranschaulichung enthält der Fahrplananhang einen Gesamtfahrplan mit allen Zwischenhalten für die Strecke Düsseldorf-Hbf., Mülheim (Ruhr)-Styrum, Essen-West, Essen-Hbf., Essen-Steele-West, Essen-Steele, Dortmund-Dorstfeld, Dortmund-Hbf.[3]

---

1) Vgl. S. 88

2) Vgl. S. 96

3) Auf die Darstellung des Fahrzeug- und des Personaleinsatzes ist aus Platzgründen verzichtet worden. Insgesamt werden zur Durchführung des Fahrplans 80 Personalbesatzungen benötigt. Zur Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten vgl.: Tabelle 4-4, S. 89.

5 SCHLUSSBETRACHTUNG

Bis heute ist eine Vielzahl von theoretischen Fahrplanmodellen entwickelt worden.[1] Die meisten dieser Modelle haben den großen Nachteil, daß ihre praktische Anwendung auf größere Verkehrsnetze unmöglich ist, weil sie den Rahmen der Speicher- und Rechenkapazität selbst sehr großer Rechenanlagen sprengen. Außerdem sind fast alle Modelle speziell auf den Luftverkehr und Schiffsverkehr zugeschnitten. Nach Wissen des Verfassers gibt es bis heute nur ein praktikables Fahrplanmodell für den öffentlichen Nahverkehr. Dieses Fahrplanmodell ist bei der Hamburger Hochbahn entwickelt worden und besteht aus einer Kombination heuristischer und analytischer Verfahren.[2] Die Einzelheiten dieses Modells sind allerdings bis jetzt noch nicht veröffentlicht worden. Ein Vergleich des in dieser Arbeit entwickelten Fahrplanmodells mit dem Hamburger Modell ist deshalb nicht möglich. Der Vorteil des in dieser Arbeit entwickelten Fahrplanmodells besteht darin, daß es möglich ist, mit einem vertretbaren Rechenaufwand für ein großes Verkehrsnetz auf einer EDV-Anlage einen Gesamtfahrplan zu berechnen. Ein weiterer Vorteil dieses Modells liegt darin, daß im Gegensatz zum heutigen manuellen Vorgehen mit diesem Modell aufgrund seiner geringen Rechen-

---

1) Vgl. UEBE, a.a.O.

2) Vgl. MEYER-OHLERT, D.G.: Die Berechnung von Linienfahrplänen des öffentlichen Nahverkehrs auf digitalen Rechenanlagen. In: Verkehr und Technik, Bielefeld 1962, S. 248 - 250 und 269 - 272.
MROSS, M.: Der Einsatz elektronischer Datenverarbeitungsmaschinen für Fahrpläne, Dienstpläne und Operation-Research - Aufgaben. Bericht vom 34. Internationalen Kongreß der UITP, Kopenhagen 1961.

zeit eine kurzfristige Anpassung bei Veränderungen der Verkehrssituation möglich ist. Bei Änderungen der Verkehrsnachfrage, Vergrößerungen des Verkehrsnetzes oder beim Einsatz neuer Verkehrsmittel kann durch die entsprechende Veränderung der Eingabedaten sofort ein neuer Gesamtfahrplan berechnet werden. Der Mangel des Modells besteht darin, daß man nicht weiß, ob der errechnete Fahrplan optimal ist. Da aber analytische Ergebnisse bei den hier vorliegenden Größenordnungen nicht möglich sind, kann man nur, wie in dieser Arbeit geschehen, aus den bei verschiedenen Parametervariationen erzielten Ergebnissen die entsprechend der Zielfunktion günstigste Lösung auswählen.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

BELLINGER, B.: Zur optimalen Verkehrsbedienung von Trabantenstädten. In: Planung, Bau und Betrieb des Schnellverkehrs in Ballungsgebieten, herausgegeben von E. Graßmann, Berlin 1969, S. 119 - 141.

DANTZIG, G.B.: Lineare Programmierung und Erweiterungen, Berlin-Heidelberg-New York 1966.

DEUTSCHE BUNDESBAHN: S-Bahn Ruhrgebiet, Ausbaustufe I, 2. Teilbereich, Essen 1970.

EFFMERT, W.: Betriebswirtschaftliche Eigenarten der Eigenarten der Eisenbahn und ihrer Kostenrechnung. In: Archiv für Eisenbahnwesen, 69. Jg., Berlin-Göttingen-Heidelberg 1959, S. 145 - 182.

EFFMERT, W.: Das Problem der Verkehrsspitzen. In: Deutsche Bundesbahn, 40. Jg., Darmstadt 1966, S. 12 - 21.

GENERALVERKEHRSPLAN NORDRHEIN-WESTFALEN: Planungsraum Rhein-Ruhr-Wupper, Nördlicher Teil - Öffentlicher Personennahverkehr, Berlin 1969.

HAPPEL, O.: Die S-Bahn Düsseldorf - Ausgangspunkt für ein S-Bahn System an Rhein, Ruhr und Wupper. In: Die Bundesbahn, 41. Jg., Darmstadt 1967, S. 683 - 690.

HARRES, H.: Attraktiver Nahverkehr in starrem Fahrplan auf den Bundesbahnstrecken des Ruhrgebietes. In: Die Bundesbahn, 38. Jg., Darmstadt 1964, S. 711 - 717.

HARRES, H.: Pläne zum Ausbau von Strecken im Ruhrgebiet für einen attraktiven Nahschnellverkehr. In: Die Bundesbahn, 40. Jg., Darmstadt 1966, S. 424 - 427.

HARRES, H.: Wandlungen der Konzeption für das S-Bahnnetz im Ruhrgebiet, insbesondere für Baumaßnahmen der Ausbaustufe I. In: Die Bundesbahn, 43. Jg., Darmstadt 1969, S. 1021 - 1028.

HARRES, H.: Spezielle Fahrzeuge für den Einsatz im S-Bahnverkehr in Ballungsräumen. In: Der Eisenbahningenieur, Frankfurt 1969, S. 67 - 70.

IBM: IBM Systemliteratur, FORTRAN IV, 1968, S. 72.

JUHNKE, K.J.: Die Bedeutung und Gestaltung der Eisenbahnen für den Personenverkehr in Ballungsräumen, Berlin 1966.

LAFFERT-WOLDECK v., F.: Tarifliche Pflege des Personennahverkehrs der Deutschen Bundesbahn unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit der übrigen Nahverkehrsmittel. Diss. Köln 1957.

LANDESREGIERUNG NORDRHEIN-WESTFALEN: Entwicklungsprogramm Ruhr 1968 - 1973, Düsseldorf 1968.

MEYER-OHLERT, G.: Die Berechnung von Linienfahrplänen des öffentlichen Nahverkehrs auf digitalen Rechenanlagen. In: Verkehr und Technik, Bielefeld 1962, S. 248 - 250 und S. 269 - 272.

MÄCKE, P.A./HÖLSKEN, D.: Siedlungsschwerpunkte im Ruhrgebiet - Untersuchungen zum Schnellbahnsystem. Schriftenreihe Siedlungsverband Ruhrkohlenbezirk, Essen 1970.

MINISTER FÜR WIRTSCHAFT, MITTELSTAND UND VERKEHR DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN: Stadtbahn Ruhr, Düsseldorf 1969.

MROSS, M.: Der Einsatz elektronischer Datenverarbeitungsmaschinen für Fahrpläne, Dienstpläne und Operation-Research Aufgaben. Bericht vom 34. Internationalen Kongress der UITP.

MÜLLER, O.: Exakte und heuristische Methoden zur Lösung von Reihenfolgeproblemen. In: Nievergelt/Müller/Schlaepfer/Landis, Praktische Studien zur Unternehmensforschung, Berlin-Heidelberg-New York 1970, S. 49 - 146.

PAMPEL, F.: Anleitungen für Verkehrserhebungen im öffentlichen Personennahverkehr. Verband öffentlicher Verkehrsbetriebe (VÖV), Köln 1961.

PETERS, S.: Die Planung des Fahrzeugeinsatzes im öffentlichen Personennahverkehr, Hamburg 1968.

PIRATH, C.: Die Verkehrsbedürfnisse im Personennahverkehr. In: Der öffentliche Personennahverkehr, herausgegeben von C. Risch und F. Lademann. Berlin-Göttingen-Heidelberg 1957, S. 18 - 43.

PRIGGE, E.: Determinanten der Nachfrage und Ordnungsmöglichkeiten im Personennahverkehr. Münster 1967.

RAPPENGLÜCK, W.: Konstruktion der Fahrzeuge für den Nahverkehr bei der DB. In: Der Eisenbahningenieur, Frankfurt 1969, 20. Jg., S. 76 - 82.

RÖVER, K.: Reiseverkehrsstromzählungen. In: Die Bundesbahn, 30. Jg., Darmstadt 1956, S. 938 - 951.

SCHEUNERT, J.: Automatisierte Datenverarbeitung im Bereich des Fahr- und Dienstplanwesens eines Verkehrsunternehmens. In: Schriftenreihe für Verkehr und Technik, Bielefeld 1968, Heft 38.

SCHRECK/MEYER/STRUMPF: S-Bahnen in Deutschland - Planung, Bau, Betrieb. Düsseldorf 1972.

SIEDLUNGSVERBAND RUHRKOHLENBEZIRK: Gebietsentwicklungsplan 1966. Köln 1967.

SIEDLUNGSVERBAND RUHRKOHLENBEZIRK: Siedlungsschwerpunkte im Ruhrgebiet - Grundlagen eines regionalen Planungskonzepts. Essen 1969.

STEFFENS, B.: Die Betriebsabwicklung - notwendige Grundlage der Schnellbahnplanung. In: Eisenbahnpraxis, Berlin 1970, S. 2 - 4.

THIEMER, E.: Stand der Planungen und Ausbauten der Stadtbahn im Ruhrgebiet. In: Nahverkehrspraxis, Dortmund 1969, Nr. 6, S. 265 - 269.

UEBE, G.: Optimale Fahrpläne, Berlin-Heidelberg-New York 1970.

WEBER, W.: Die Reisezeit der Fahrgäste öffentlicher Verkehrsmittel. In: Jahrbuch des Eisenbahnwesens, Darmstadt 1968, S. 111 - 136.

WEHNER, B.: Öffentlicher Personennahverkehr. In: Generalverkehrsplan Ruhrgebiet, Essen 1967.

V E R Z E I C H N I S D E R T A B E L L E N

Seite

Tab. 2-1: Die Stationen des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet 10

Tab. 2-2: Länge und Verlauf der 32 Streckenabschnitte des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet ... 13

Tab. 2-3: Fahrzeiten, Haltezeiten und Beförderungszeiten auf den Streckenabschnitten des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet 16

Tab. 2-4: Verkehrsaufkommen der einzelnen Tagesstunden bezogen auf den Tagesgesamtverkehr 19

Tab. 2-5: Zahl der zwischen 5 und 9 Uhr auf dem S-Bahnnetz Ruhrgebiet zu befördernden Personen 21

Tab. 2-6: Zahl der auf den Streckenabschnitten des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet in den einzelnen Stunden einzusetzenden Fahrzeugeinheiten und untere und obere Grenze der Fahrzeughäufigkeiten 24

Tab. 3-1: Die Fahrzeughäufigkeiten $FZ_{i,t}$ für die Streckenabschnitte $|i| = |1|, \ldots, |16|$ und $|1^*|, \ldots, |16^*|$ des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet für alle Tagesstunden $t = 1, \ldots, 24$ 51

Tab. 3-2: Zahl der Fahrzeuge vom Typ 1, Typ 2 und Typ 3 - $x^1_{i,t}$, $x^2_{i,t}$, $x^3_{i,t}$ - die auf den Streckenabschnitten $|i| = |1|, \ldots, |16|$ und $|1^*|, \ldots, |16^*|$ des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet in den Tagesstunden $t = 1, \ldots, 24$ eingesetzt werden 55

Seite

Tab. 3-3: Fahrzeugeinsatzplan für den Depotpunkt (q) des in Abbildung 3-3 dargestellten fiktiven Verkehrsnetzes aufgrund des Fahrplans von S. 71 für abfahrende Fahrzeuge 76

Tab. 3-4: Fahrzeugeinsatzplan für den Depotpunkt (q) des in Abbildung 3-3 dargestellten fiktiven Verkehrsnetzes aufgrund des Fahrplans von S. 71 für ankommende Fahrzeuge 77

Tab. 3-5: Personaleinsatz für den Depotpunkt (q) des in Abbildung 3-3 dargestellten fiktiven Verkehrsnetzes aufgrund des Fahrplans von S. 71 für abfahrende Fahrzeuge 80

Tab. 3-6: Personaleinsatz für den Depotpunkt (q) des in Abbildung 3-3 dargestellten fiktiven Verkehrsnetzes aufgrund des Fahrplans von S. 71 für ankommende Fahrzeuge 81

Tab. 4-1: Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten bei direkter Fortsetzung nur mit gleichem Fahrzeugtyp bei verschiedenen Zeitparametern u und v 84

Tab. 4-2: Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten bei direkter Fortsetzung mit beliebigem Fahrzeugtyp bei verschiedenen Zeitparametern u und v 86

Tab. 4-3: Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten bei Veränderung der Reihenfolge der Streckenbearbeitung 88

Tab. 4-4: Bedarf an Fahrzeugeinheiten in den einzelnen Depotpunkten des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet 89

Seite

Tab. 4-5: Gesamtwartezeiten und Zahl der Anschlußmöglichkeiten bei direkter Fortsetzung nur mit gleichem Fahrzeugtyp bei verschiedenen Zeitparametern u und v 91

Tab. 4-6: Gesamtwartezeiten und Zahl der Anschlußmöglichkeiten bei direkter Fortsetzung mit beliebigem Fahrzeugtyp bei verschiedenen Zeitparametern u und v 93

Tab. 4-7: Gesamtwartezeiten und Zahl der Anschlußmöglichkeiten bei Veränderung der Reihenfolge der Streckenbearbeitung 95

V E R Z E I C H N I S D E R A B B I L D U N G E N

Seite

Abb. 2-1: Schematisierter Verlauf des S-Bahnnetzes Ruhrgebiet 11

Abb. 3-1: Abfahrzeitpunkte t_1, t_2 und t_3 von 3 Fahrten bei vollkommen gleichmäßiger Verteilung 33

Abb. 3-2: Abfahrintervalle $\left[\underline{t_1}, \overline{t_1}\right]$, $\left[\underline{t_2}, \overline{t_2}\right]$ und $\left[\underline{t_3}, \overline{t_3}\right]$ von 3 Fahrten 33

Abb. 3-3: Fiktives Verkehrsnetz mit einem Knotenpunkt und drei Endpunkten 66

Abb. 4-1: Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten bei direkter Fortsetzung nur mit gleichem Fahrzeugtyp in Abhängigkeit von den Zeitparametern u und v 85

Abb. 4-2: Zahl der benötigten Fahrzeugeinheiten bei direkter Fortsetzung mit beliebigem Fahrzeugtyp in Abhängigkeit von den Zeitparametern u und v 87

Abb. 4-3: Gesamtwartezeiten bei direkter Fortsetzung nur mit gleichem Fahrzeugtyp in Abhängigkeit von den Zeitparametern u und v 92

Abb. 4-4: Gesamtwartezeiten bei direkter Fortsetzung mit beliebigem Fahrzeugtyp in Abhängigkeit von den Zeitparametern u und v 94

S Y M B O L V E R Z E I C H N I S

Symbol	Bedeutung des Symbols
$a^{n}_{i,t}$	Kapazität der Fahrt $a^{n}_{i,t}$
$a^{n}_{i,t}$	n-te Fahrt in der Stunde t auf dem Streckenabschnitt (i)
$AB^{n}_{i,t}$	Abfahrzeitpunkt der Fahrt $a^{n}_{i,t}$
$\underline{AB^{n}_{i,t}}$	untere Grenze von $AB^{n}_{i,t}$
$\overline{AB^{n}_{i,t}}$	obere Grenze von $AB^{n}_{i,t}$
$AN^{n}_{i,t}$	Ankunft der Fahrt $a^{n}_{i,t}$
$b^{m}_{h,t^{*}}{}^{n}_{i,t}$	Zahl der Fahrzeugeinheiten, die von der Fahrt $a^{m}_{h,t^{*}}$ bei einer direkten Fortsetzung bei der Fahrt $a^{n}_{i,t}$ eingesetzt werden
$\beta^{m}_{h,t^{*}}{}^{n}_{i,t}$	Null-Eins Variable, die angibt, ob die Fahrt $a^{n}_{i,t}$ die direkte Fortsetzung der Fahrt $a^{m}_{h,t^{*}}$ ist
BZ_{i}	Beförderungszeit auf Abschnitt (i)
BZE	benötigte Fahrzeugeinheiten für ein im Depotpunkt (p) abfahrendes Fahrzeug
$c^{m}_{h,t^{*}}{}^{n}_{i,t}$	Zahl der Fahrzeugeinheiten, die von der Fahrt $a^{m}_{h,t^{*}}$ bei einer indirekten Fortsetzung bei der Fahrt $a^{n}_{i,t}$ eingesetzt werden

$d^n_{i,t}$	Zahl der Fahrzeugeinheiten, die nach Ende der Fahrt $a^n_{i,t}$ im Depot abgestellt werden
D (i)	Menge der Streckenabschnitte, von denen aus eine direkte Fortsetzung zum Abschnitt (i) möglich ist
$\delta^m_{h,t^*}{}^n_{i,t}$	Null-Eins Variable, die angibt, ob die Personalbesatzung für die Fahrt $a^n_{i,t}$ von der Fahrt a^m_{h,t^*} kommt
$e^n_{i,t}$	Zahl der Fahrzeugeinheiten, die für die Fahrt $a^n_{i,t}$ dem Depot entnommen werden
E(i)	Menge der Streckenabschnitte, von denen aus eine indirekte Fortsetzung zum Abschnitt (i) möglich ist
$\varepsilon^n_{i,t}{}^o_{j,t^*}$	Null-Eins-Variable, die angibt, ob bei einer direkten Fortsetzung die Kapazitäten der beiden Fahrten $a^n_{i,t}$ und a^o_{j,t^*} gleich sind
$\eta^n_{i,t}$	Null-Eins Variable, die angibt, ob für die Fahrt $a^n_{i,t}$ neues Personal eingesetzt werden muß
F(i)	Menge der Streckenabschnitte, nach denen von Abschnitt (i) eine direkte Fortsetzung möglich ist
FFB_p	Freiwerdende Fahrzeugbesatzung für ein im Depotpunkt (p) ankommendes Fahrzeug
$FZ_{i,t}$	Fahrzeughäufigkeit in der Stunde t auf Streckenabschnitt (i)

$\underline{FZ_{i,t}}$	untere Grenze von $FZ_{i,t}$
$\overline{FZ_{i,t}}$	obere Grenze von $FZ_{i,t}$
FZE_p	freiwerdende Fahrzeugeinheiten für ein im Depotpunkt (p) ankommendes Fahrzeug
G (i)	Menge der Streckenabschnitte, nach denen von Abschnitt |i| eine indirekte Fortsetzung möglich ist
$\gamma^n_{i,t\ j,t*}$	Null-Eins Variable, die angibt, ob die Fahrt $a^o_{j,t*}$ eine indirekte Fortsetzung der Fahrt $a^n_{i,t}$ ist
|h|	Bezeichnung für einen Streckenabschnitt
HZ_i	Haltezeit am Ende des Abschnitts |i|
|i|	Bezeichnung für einen Streckenabschnitt
|j|	Bezeichnung für einen Streckenabschnitt
KZ_i	Koppelzeit am Ende des Abschnitts |i|
L	Länge zwischen zwei Stationen
m	Zählindex für Fahrten
μ	Angabe des Fahrzeugtyps
MAZ	maximale Fahrzeughäufigkeit = 30 Fahrzeuge pro Stunde
MFZ	Mindestzugfolgezeit = 2 Minuten
MIZ_t	minimale Fahrzeughäufigkeit in der Stunde t

n	Zählindex für Fahrten
NFB_p	benötigtes Personal für ein im Depotpunkt (p) abfahrendes Fahrzeug
o	Zählindex für Fahrten
p	Bezeichnung für einen Depotpunkt
$\phi^{n\ \ o}_{i,t\ \ j,t*}$	Null-Eins Variable, die angibt, ob die Fahrt $a^o_{j,t*}$ der Umsteigeanschluß der Fahrt $a^n_{i,t}$ ist
q	Bezeichnung für einen Depotpunkt
$r_{i,t}$	Auf einem Streckenabschnitt $\|i\|$ in der Stunde t zu befördernde Personen
t	Bezeichnung für eine Tagesstunde
$t*$	Tagesstunde größer oder kleiner als t
T	Fahrzeit zwischen zwei Stationen
$T^n_{i,t}$	erwünschter Abfahrzeitpunkt der Fahrt $a^n_{i,t}$
$\Delta T^n_{i,t}$	mögliches Abfahrintervall für die Fahrt $a^n_{i,t}$
$\theta^n_{i,t}$	Null-Eins Variable, die angibt, ob das Personal der Fahrt $a^n_{i,t}$ am Ende der Fahrt seinen Dienst beendet
u	Zeitparameter
UZ_i	Umsteigezeit am Ende des Abschnitts $\|i\|$
v	Zeitparameter

VA_t	Prozentuales Verkehrsaufkommen in der Stunde t
WZ_i	Wendezeit am Ende des Abschnitts |i|
$x^{\mu}_{i,t}$	Zahl der Fahrzeuge vom Typ μ , die in der Stunde t auf dem Streckenabschnitt |i| einzusetzen sind
$Z_{i,t}$	Zahl der Fahrzeugeinheiten, die in der Stunde t auf dem Streckenabschnitt |i| einzusetzen sind
Z1 bis Z6	Ziffern der Fahrzeugnummer $ZNR^n_{i,t}$
ZM_i	Zahl der zwischen 5 und 9 Uhr auf einem Abschnitt |i| zu befördernden Personen
$ZNR^n_{i,t}$	Fahrzeugnummer einer Fahrt $a^n_{i,t}$

F A H R P L A N A N H A N G

Tagesfahrplan für die Strecke Düsseldorf-Hbf. - Dortmund Hbf., bestehend aus den Streckenabschnitten |1| bis |7| des in Abb. 2-1, S. 11, dargestellten S-Bahnnetzes Ruhrgebiet.[1)]

Bei den Werten in den mit "Zugnummer" bezeichneten Zeilen handelt es sich jeweils um die laufende Nummer des Zuges.[2)] Diese Nummer wird nur bei Einsatzbeginn ausgedruckt. Durchfährt der Zug mehrere Streckenabschnitte hintereinander, wird statt der Nummer das Symbol "*" ausgedruckt.

---

1) Aus Platzgründen enthält der Anhand nicht den Fahrplan für das Gesamtnetz, sondern nur für eine Hauptstrecke.

2) Vgl. S. 62 und 63.

KM	STATION	ZUGNUMMER				37			38			39			40	41
0	DUESSELDORF-HBF	AB				6,58			7,10			7,24			7,36	7,40
1	DUESSELDORF-WERHAHN	AB				6,59			7,11			7,25			7,37	7,41
2	DUESSELDORF-ZOO	AB				7,01			7,13			7,27			7,39	7,43
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AN				7,03			7,15			7,29			7,41	7,45
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AB				7,04			7,16			7,30			7,42	7,46
5	DUESSELDORF-VOGELSANG	AB				7,06			7,18			7,32			7,44	7,48
7	DUESSELDORF-UNTERRATH	AB				7,07			7,19			7,33			7,45	7,49
10	KALKUM	AB				7,10			7,22			7,36			7,48	7,52
13	ANGERMUND	AB				7,12			7,24			7,38			7,50	7,54
15	DUISBURG-BAHN	AB				7,14			7,26			7,40			7,52	7,56
17	DUISBURG-GROSSENBAUM	AB				7,16			7,28			7,42			7,54	7,58
19	DUISBURG-RUCHHOLZ	AB				7,18			7,30			7,44			7,56	8,00
21	DUISBURG-SCHLENK	AB				7,20			7,32			7,46			7,58	8,02
24	DUISBURG-HBF	AN				7,22			7,34			7,48			8,00	8,04
24	DUISBURG-HBF	AB				7,23			7,35			7,49			8,01	8,05
30	MUELHEIM (RUHR)-STYRUM	AN				7,27			7,39			7,53			8,05	8,09

KM	STATION	ZUGNUMMER	46		*	47	*		48	49	*		*	*
30	MUELHEIM (RUHR)-STYRUM	AB	7,18		7,28	7,30	7,43		7,43	7,48	7,54		8,06	8,10
32	MUELHEIM (RUHR)	AB	7,20		7,30	7,32	7,42		7,45	7,50	7,56		8,08	8,12
34	MUELHEIM (RUHR)-STADT	AB	7,22		7,32	7,34	7,44		7,47	7,52	7,58		8,10	8,14
40	ESSEN-ERONNHUSEN	AB	7,26		7,36	7,38	7,48		7,51	7,56	8,02		8,14	8,18
41	ESSEN-WEST	AN	7,27		7,37	7,39	7,49		7,52	7,57	8,03		8,15	8,19

KM	STATION	ZUGNUMMER	*	52	*	*	53	*	*	54	*	*	93	*	*
41	ESSEN-WEST	AB	7,28	7,30	7,38	7,40	7,44	7,50		7,58	8,04		8,07	8,16	8,20
43	ESSEN-HBF	AN	7,30	7,32	7,41	7,42	7,46	7,52		8,00	8,06		8,09	8,18	8,22

KM	STATION	ZUGNUMMER	*	*	58	*	*	60	61	*	62	*	*	146	*	*	*
43	ESSEN-HBF	AB	7,33	7,36	7,41	7,45	7,49	7,53	7,56	8,01		8,07	8,12		8,19	8,23
48	ESSEN-STEELE WEST	AN	7,36	7,39	7,44	7,48	7,52	7,56	7,59	8,04		8,10	8,15		8,22	8,26

KM	STATION	ZUGNUMMER	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	152	*	153
48	ESSEN-STEELE WEST	AB	7,37	7,40	7,45	7,49	7,53	7,57	8,00	8,05		8,11	8,17		8,23	8,30
49	ESSEN-STEELE	AN	7,38	7,41	7,46	7,50	7,54	7,58	8,01	8,06		8,12	8,18		8,24	8,31

KM	STATION	ZUGNUMMER			*	*	65	*			*			*	
49	ESSEN-STEELE	AB			7,42	7,47	7,56	7,59			8,13			8,25	
51	ESSEN-BERG	AB			7,44	7,49	7,58	8,01			8,15			8,27	
55	WATTENSCHEID-HUENTROP	AB			7,47	7,52	8,01	8,04			8,18			8,30	
60	BOCHUM-HBF	AN			7,51	7,56	8,05	8,08			8,22			8,34	
60	BOCHUM-HBF	AB			7,52	7,57	8,06	8,09			8,23			8,35	
66	BOCHUM-LANGENDREER WEST	AB			7,56	8,01	8,10	8,13			8,27			8,39	
68	BOCHUM-LANGENDREER SUED	AB			7,58	8,03	8,12	8,15			8,29			8,41	
71	DORTMUND-KLEY	AB			8,01	8,06	8,15	8,18			8,32			8,44	
72	DORTMUND-CESPEL	AB			8,03	8,08	8,17	8,20			8,34			8,46	
73	DORTMUND-EICHLINGHOFEN	AB			8,04	8,09	8,18	8,21			8,35			8,47	
75	DORTMUND-UNIVERSITAET	AB			8,06	8,11	8,20	8,23			8,37			8,49	
76	DORTMUND-DORSTFELD SUED	AB			8,07	8,12	8,21	8,24			8,38			8,50	
77	DORTMUND-DORSTFELD	AN			8,08	8,13	8,22	8,25			8,39			8,51	

KM	STATION	ZUGNUMMER				*			*	160		*			*	229
77	DORTMUND-DORSTFELD	AB				8,14			8,26	8,30		8,40			8,52	8,58
80	DORTMUND-HBF	AN				8,16			8,28	8,32		8,42			8,54	9,00

KM	STATION	ZUGNUMMER				42	191			192	193		194	269			270
0	DUESSELDORF-HBF	AB				7.50	8.00			8.15	8.30		8.45	9.00			9.20
1	DUESSELDORF-WERHAHN	AB				7.51	8.01			8.16	8.31		8.46	9.01			9.21
2	DUESSELDORF-ZOO	AB				7.53	8.03			8.18	8.33		8.48	9.03			9.23
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AN				7.55	8.05			8.20	8.35		8.50	9.05			9.25
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AB				7.56	8.06			8.21	8.36		8.51	9.06			9.26
5	DUESSELDORF-VOGELSANG	AB				7.58	8.08			8.23	8.38		8.53	9.08			9.28
7	DUESSELDORF-UNTERBACH	AB				7.59	8.09			8.24	8.39		8.54	9.09			9.29
10	KALKUM	AB				8.02	8.12			8.27	8.42		8.57	9.12			9.32
13	ANGERMUND	AB				8.04	8.14			8.29	8.44		8.59	9.14			9.34
15	DUISBURG-HOCHFELD	AB				8.06	8.16			8.31	8.46		9.01	9.16			9.36
17	DUISBURG-GROSSENBAUM	AB				8.08	8.18			8.33	8.48		9.03	9.18			9.38
19	DUISBURG-BUCHHOLZ	AB				8.10	8.20			8.35	8.50		9.05	9.20			9.40
21	DUISBURG-SCHENK	AB				8.12	8.22			8.37	8.52		9.07	9.22			9.42
24	DUISBURG-HBF	AN				8.14	8.24			8.39	8.54		9.09	9.24			9.44
24	DUISBURG-HBF	AB				8.15	8.25			8.40	8.55		9.10	9.25			9.45
30	MUELHEIM (RUHR)-STADION	AN				8.19	8.29			8.44	8.59		9.14	9.29			9.49

KM	STATION	ZUGNUMMER				195		196		197	*	241		*		272	
30	MUELHEIM (RUHR)-STADION	AB				8.25		8.38		8.46	9.00	9.14		9.30		9.50	
32	MUELHEIM (RUHR)	AB				8.27		8.40		8.48	9.02	9.16		9.32		9.52	
34	MUELHEIM (RUHR)-STADT	AB				8.29		8.42		8.50	9.04	9.18		9.34		9.54	
40	ESSEN-BORBECKERHAUSEN	AB				8.33		8.46		8.54	9.08	9.22		9.38		9.58	
41	ESSEN-WEST	AN				8.34		8.47		8.55	9.09	9.23		9.39		9.59	

KM	STATION	ZUGNUMMER		141	142	143	144	139	145	140	238	*	242		243	*	
41	ESSEN-WEST	AB		8.25	8.36	8.36	8.42	8.49	8.54	9.01	9.13	9.24	9.34		9.48	10.00	
43	ESSEN-HBF	AN		8.28	8.32	8.38	8.44	8.51	8.56	9.03	9.15	9.26	9.36		9.50	10.02	

KM	STATION	ZUGNUMMER		147	148		149	150	151	234		*	*	*		*	299	
43	ESSEN-HBF	AB		8.31	8.35		8.41	8.47	8.54	8.59		9.16	9.27	9.37		9.51	10.04	
48	ESSEN-STEELE WEST	AN		8.34	8.38		8.44	8.50	8.57	9.02		9.19	9.30	9.40		9.54	10.07	

KM	STATION	ZUGNUMMER		154	155		156	157	*	244	245	246		247	301	301	
49	ESSEN-STEELE WEST	AB		8.36	8.42		8.48	8.54	9.03	9.13	9.24	9.36		9.48	10.00	10.13	
49	ESSEN-STEELE	AN		8.37	8.43		8.49	8.55	9.04	9.14	9.25	9.37		9.49	10.01	10.14	

KM	STATION	ZUGNUMMER		158		159		248	*	249			*	*	*	*	
49	ESSEN-STEELE	AB		8.39		8.51		9.05	9.15	9.27			9.50	10.02	10.15		
51	ESSEN-FRINTROP	AB		8.41		8.53		9.07	9.17	9.29			9.52	10.04	10.17		
55	WATTENSCHEID-HEGERHOF	AB		8.44		8.56		9.10	9.20	9.32			9.55	10.07	10.20		
60	BOCHUM-HBF	AN		8.48		9.00		9.14	9.24	9.36			9.59	10.11	10.24		
60	BOCHUM-HBF	AB		8.49		9.01		9.15	9.25	9.37			10.00	10.12	10.25		
64	BOCHUM-LANGENDREER WEST	AB		8.53		9.05		9.19	9.29	9.41			10.04	10.16	10.29		
68	BOCHUM-LANGENDREER SUED	AB		8.55		9.07		9.21	9.31	9.43			10.06	10.18	10.31		
71	DORTMUND-KLEY	AB		8.58		9.10		9.24	9.34	9.46			10.09	10.21	10.34		
72	DORTMUND-OESPEL	AB		9.00		9.12		9.26	9.36	9.48			10.11	10.23	10.36		
73	DORTMUND-EICHLINGHOFEN	AB		9.01		9.13		9.27	9.37	9.49			10.12	10.24	10.37		
75	DORTMUND-UNIVERSITAET	AB		9.03		9.15		9.29	9.39	9.51			10.14	10.26	10.39		
76	DORTMUND-DORSTFELD SUED	AB		9.04		9.16		9.30	9.40	9.52			10.15	10.27	10.40		
77	DORTMUND-DORSTFELD	AN		9.05		9.17		9.31	9.41	9.53			10.16	10.28	10.41		

KM	STATION	ZUGNUMMER				*		*		250		306		*	*	307	
77	DORTMUND-DORSTFELD	AB				9.19		9.32		9.44		10.03		10.17	10.29	10.44	
80	DORTMUND-HBF	AN				9.23		9.36		9.48		10.05		10.19	10.31	10.46	

KM	STATION	ZUGNUMMER		271	326	327		328	391	
0	DUESSELDORF-HBF		AB	9.40	10.00	10.20		10.40	10.58	
1	DUESSELDORF-WERHAHN		AB	9.41	10.01	10.21		10.41	10.59	
2	DUESSELDORF-ZOO		AB	9.43	10.03	10.23		10.43	11.01	
3	DUESSELDORF-DERENDORF		AN	9.45	10.05	10.25		10.45	11.03	
3	DUESSELDORF-DERENDORF		AB	9.46	10.06	10.26		10.46	11.04	
5	DUESSELDORF-VOGELSANG		AB	9.48	10.08	10.28		10.48	11.06	
7	DUESSELDORF-UNTERRATH		AB	9.49	10.09	10.29		10.49	11.07	
10	KALKUM		AB	9.52	10.12	10.32		10.52	11.10	
13	ANGERMUND		AB	9.54	10.14	10.34		10.54	11.12	
15	DUISBURG-BAHN		AB	9.56	10.16	10.36		10.56	11.14	
17	DUISBURG-GROSSENBAUM		AB	9.58	10.18	10.38		10.58	11.16	
19	DUISBURG-BUCHHOLZ		AB	10.00	10.20	10.40		11.00	11.18	
21	DUISBURG-SCHLENK		AB	10.02	10.22	10.42		11.02	11.20	
24	DUISBURG-HBF		AN	10.04	10.24	10.44		11.04	11.22	
24	DUISBURG-HBF		AB	10.05	10.25	10.45		11.05	11.23	
30	MUELHEIM (RUHR) STYRUM		AN	10.09	10.29	10.49		11.09	11.27	

KM	STATION	ZUGNUMMER		329	296	*	*	394	386	*	
30	MUELHEIM (RUHR) STYRUM		AB	10.02	10.14	10.30	10.50	11.02	11.20	11.28	
32	MUELHEIM (RUHR)		AB	10.04	10.16	10.32	10.52	11.04	11.22	11.30	
34	MUELHEIM (RUHR) STADT		AB	10.06	10.18	10.34	10.54	11.06	11.24	11.32	
40	ESSEN-FRONHAUSEN		AB	10.10	10.22	10.38	10.58	11.10	11.28	11.36	
41	ESSEN-WEST		AN	10.11	10.23	10.39	10.59	11.11	11.29	11.37	

KM	STATION	ZUGNUMMER		293	*	297	298	*	352	353	356	357
41	ESSEN-WEST		AB	10.13	10.24	10.34	10.48	11.00	11.13	11.28	11.36	11.48
43	ESSEN-HBF		AN	10.15	10.26	10.36	10.50	11.02	11.15	11.30	11.38	11.50

KM	STATION	ZUGNUMMER		*	*	*	*	*	358	359	*	*	*	*
43	ESSEN-HBF		AB	10.16	10.27	10.37	10.51	11.03	11.10	11.18	11.31	11.39	11.51	
48	ESSEN-STEELE WEST		AN	10.19	10.30	10.40	10.54	11.06	11.13	11.21	11.34	11.42	11.54	

KM	STATION	ZUGNUMMER		302	303	304	360	361	*	362	*	363	434
48	ESSEN-STEELE WEST		AB	10.24	10.36	10.48	11.00	11.13	11.22	11.30	11.43	11.50	12.00
49	ESSEN-STEELE		AN	10.25	10.37	10.49	11.01	11.14	11.23	11.31	11.44	11.51	12.01

KM	STATION	ZUGNUMMER		305	*	*	*	364	*	*
49	ESSEN-STEELE		AB	10.27	10.50	11.02	11.15	11.33	11.45	12.02
51	ESSEN-EIBERG		AB	10.29	10.52	11.04	11.17	11.35	11.47	12.04
55	WATTENSCHEID-HOENTROP		AB	10.32	10.55	11.07	11.20	11.38	11.50	12.07
60	BOCHUM-HBF		AN	10.36	10.59	11.11	11.24	11.42	11.54	12.11
60	BOCHUM-HBF		AB	10.37	11.00	11.12	11.25	11.43	11.55	12.12
66	BOCHUM-LANGENDREER WEST		AB	10.41	11.04	11.16	11.29	11.47	11.59	12.16
68	BOCHUM-LANGENDREER SUED		AB	10.43	11.06	11.18	11.31	11.49	12.01	12.18
71	DORTMUND-KLEY		AB	10.46	11.09	11.21	11.34	11.52	12.04	12.21
72	DORTMUND-DESPEL		AB	10.48	11.11	11.23	11.36	11.54	12.06	12.23
73	DORTMUND-EICHLINGHOFEN		AB	10.49	11.12	11.24	11.37	11.55	12.07	12.24
75	DORTMUND-UNIVERSITAET		AB	10.51	11.14	11.26	11.39	11.57	12.09	12.26
76	DORTMUND-DORSTFELD SUED		AB	10.52	11.15	11.27	11.40	11.58	12.10	12.27
77	DORTMUND-DORSTFELD		AN	10.53	11.16	11.28	11.41	11.59	12.11	12.28

KM	STATION	ZUGNUMMER		365	*	*	366	*	*	443	
77	DORTMUND-DORSTFELD		AB	11.03	11.17	11.29	11.44	12.00	12.12	12.23	
80	DORTMUND-HBF		AN	11.05	11.19	11.31	11.46	12.02	12.14	12.25	

KM	STATION	ZUGNUMMER	392			393			468	469			470
0	DUESSELDORF-HBF	AB	11.20			11.40			12.00	12.20			12.40
1	DUESSELDORF-WERHAHN	AB	11.21			11.41			12.01	12.21			12.41
2	DUESSELDORF-ZOO	AB	11.23			11.43			12.03	12.23			12.43
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AN	11.25			11.45			12.05	12.25			12.45
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AB	11.26			11.46			12.06	12.26			12.46
5	DUESSELDORF-VOGELSANG	AB	11.28			11.48			12.08	12.28			12.48
7	DUESSELDORF-UNTERRATH	AB	11.29			11.49			12.09	12.29			12.49
10	KALKUM	AB	11.32			11.52			12.12	12.32			12.52
13	ANGERMUND	AB	11.34			11.54			12.14	12.34			12.54
15	DUISBURG-FAHM	AB	11.36			11.56			12.16	12.36			12.56
17	DUISBURG-GROSSENBAUM	AB	11.38			11.58			12.18	12.38			12.58
19	DUISBURG-BUCHHOLZ	AB	11.40			12.00			12.20	12.40			13.00
21	DUISBURG-SCHLENK	AB	11.42			12.02			12.22	12.42			13.02
24	DUISBURG-HBF	AN	11.44			12.04			12.24	12.44			13.04
24	DUISBURG-HBF	AB	11.45			12.05			12.25	12.45			13.05
30	MUELHEIM (RUHR) STYRUM	AN	11.49			12.09			12.29	12.49			13.09

KM	STATION	ZUGNUMMER	*	471	428		472	473	*	542	500	
30	MUELHEIM (RUHR)-STYRUM	AB	11.51	12.02	12.10		12.24	12.34	12.51	13.02	13.10	
32	MUELHEIM (RUHR)	AB	11.52	12.04	12.12		12.26	12.36	12.52	13.04	13.12	
34	MUELHEIM (RUHR)-STAET	AB	11.54	12.06	12.14		12.28	12.38	12.54	13.06	13.14	
40	ESSEN-BRUNNALSEE	AB	11.58	12.10	12.18		12.32	12.42	12.58	13.10	13.18	
41	ESSEN-WEST	AN	11.59	12.11	12.19		12.33	12.43	12.59	13.11	13.19	

KM	STATION	ZUGNUMMER	*	424	*	429	426	430	*	496	*	
41	ESSEN-WEST	AB	12.00	12.13	12.20	12.29	12.43	12.50	13.00	13.13	13.20	
43	ESSEN-HBF	AN	12.02	12.15	12.22	12.31	12.45	12.52	13.02	13.15	13.22	

KM	STATION	ZUGNUMMER	*	431	*	*	432	433	*	503	*	
43	ESSEN-HBF	AB	12.03	12.10	12.23	12.32	12.40	12.48	13.03	13.10	13.23	
49	ESSEN-STEELE WEST	AN	12.06	12.13	12.26	12.35	12.43	12.51	13.06	13.13	13.26	

KM	STATION	ZUGNUMMER	435	436	437	438	*	506	507	508	509	
49	ESSEN-STEELE WEST	AB	12.08	12.20	12.28	12.40	12.52	13.03	13.08	13.20	13.28	
49	ESSEN-STEELE	AN	12.09	12.21	12.29	12.41	12.53	13.04	13.09	13.21	13.29	

KM	STATION	ZUGNUMMER	439	440	441	442	511	512	513	514	
49	ESSEN-STEELE	AB	12.11	12.23	12.36	12.48	13.00	13.11	13.23	13.36	
51	ESSEN-EIBERG	AB	12.13	12.25	12.38	12.50	13.02	13.13	13.25	13.38	
55	WATTENSCHEID-HOERSTEL	AB	12.16	12.28	12.41	12.53	13.05	13.16	13.28	13.41	
60	BOCHUM-HBF	AN	12.20	12.32	12.45	12.57	13.09	13.20	13.32	13.45	
60	BOCHUM-HBF	AB	12.21	12.33	12.46	12.58	13.10	13.21	13.33	13.46	
66	BOCHUM-LANGENDREER WEST	AB	12.25	12.37	12.50	13.02	13.14	13.25	13.37	13.50	
68	BOCHUM-LANGENDREER SUED	AB	12.27	12.39	12.52	13.04	13.16	13.27	13.39	13.52	
71	DORTMUND-KLEY	AB	12.30	12.42	12.55	13.07	13.19	13.30	13.42	13.55	
72	DORTMUND-CESPEL	AB	12.32	12.44	12.57	13.09	13.21	13.32	13.44	13.57	
73	DORTMUND-EICHLINGHOFEN	AB	12.33	12.45	12.58	13.10	13.22	13.33	13.45	13.58	
75	DORTMUND-UNIVERSITAET	AB	12.35	12.47	13.00	13.12	13.24	13.35	13.47	14.00	
76	DORTMUND-DORSTFELD SUED	AB	12.36	12.48	13.01	13.13	13.25	13.36	13.48	14.01	
77	DORTMUND-DORSTFELD	AN	12.37	12.49	13.02	13.14	13.26	13.37	13.49	14.02	

KM	STATION	ZUGNUMMER	*	*	*	516	*	*	*	*	
77	DORTMUND-DORSTFELD	AB	12.38	12.50	13.03	13.16	13.27	13.38	13.50	14.03	
80	DORTMUND-HBF	AN	12.40	12.52	13.05	13.18	13.29	13.40	13.52	14.05	

KM	STATION	ZUGNUMMER			539			540			541			636	
0	DUESSELDORF-HBF	AB			13.00			13.20			13.40			14.00	
1	DUESSELDORF-WERHAHN	AN			13.01			13.21			13.41			14.01	
2	DUESSELDORF-ZOO	AN			13.03			13.23			13.43			14.03	
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AN			13.05			13.25			13.45			14.05	
4	DUESSELDORF-DERENDORF	AB			13.06			13.26			13.46			14.06	
5	DUESSELDORF-VOGELSANG	AN			13.08			13.28			13.48			14.08	
7	DUESSELDORF-UNTERRATH	AB			13.09			13.29			13.49			14.09	
10	KALKUM	AN			13.12			13.32			13.52			14.12	
13	ANGERMUND	AN			13.16			13.36			13.56			14.14	
15	DUISBURG-RAHM	AB			13.16			13.36			13.56			14.16	
17	DUISBURG-GROSSENBAUM	AN			13.18			13.38			13.58			14.18	
19	DUISBURG-BUCHHOLZ	AN			13.20			13.40			14.00			14.20	
21	DUISBURG-SCHLENK	AB			13.22			13.42			14.02			14.22	
24	DUISBURG-HBF	AN			13.26			13.44			14.06			14.26	
24	DUISBURG-HBF	AB			13.25			13.45			14.05			14.25	
30	MUELHEIM (RUHR)-STYRUM	AN			13.29			13.49			14.13			14.29	

KM	STATION	ZUGNUMMER		543		5021		*		605	5671			616		617	
30	MUELHEIM (RUHR)-STYRUM	AB		13.29		13.40		13.50		14.02	14.10			14.22		14.34	
32	MUELHEIM (RUHR)	AB		13.24		13.42		13.52		14.04	14.12			14.24		14.36	
34	MUELHEIM (RUHR)-STADT	AB		13.26		13.44		13.54		14.06	14.14			14.26		14.38	
40	ESSEN-ERDMANNAUSCH	AB		13.30		13.48		13.58		14.10	14.18			14.30		14.42	
41	ESSEN-WEST	AN		13.31		13.49		13.59		14.11	14.19			14.31		14.43	

KM	STATION	ZUGNUMMER	501		498	*		*		563	*		566		565		569
41	ESSEN-WEST	AB	13.29		13.43	13.50		14.00		14.13	14.20		14.29		14.43		14.50
43	ESSEN-HBF	AN	13.31		13.45	13.52		14.02		14.15	14.22		14.31		14.45		14.52

KM	STATION	ZUGNUMMER	*	504	505		*	570	*		*	571	572		
43	ESSEN-HBF	AB	13.32	13.43	13.48		14.03	14.10	14.23		14.32	14.43	14.48		
48	ESSEN-STEELE WEST	AN	13.35	13.43	13.51		14.06	14.13	14.26		14.35	14.43	14.51		

KM	STATION	ZUGNUMMER	510	*		573	574		575	576		577		*	654	655
48	ESSEN-STEELE WEST	AB	13.40		13.52		14.03	14.38	14.20	14.28		14.40		14.52	15.00	15.05
49	ESSEN-STEELE	AN	13.41		13.53		14.04	14.39	14.21	14.29		14.41		14.53	15.01	15.06

KM	STATION	ZUGNUMMER		535		578		579		580		581		582		*	
49	ESSEN-STEELE	AB		13.48		14.00		14.11		14.23		14.36		14.48		15.02	
51	ESSEN-FREIBERG	AB		13.50		14.02		14.13		14.25		14.38		14.53		15.04	
55	WITTENSCHEID-HOERSTER	AB		13.53		14.05		14.16		14.28		14.41		14.53		15.07	
60	BOCHUM-HBF	AN		13.57		14.09		14.20		14.32		14.45		14.57		15.11	
60	BOCHUM-HBF	AB		13.58		14.10		14.23		14.33		14.46		14.58		15.12	
66	BOCHUM-LANGENDREER WEST	AB		14.02		14.14		14.25		14.37		14.50		15.02		15.16	
68	BOCHUM-LANGENDREER SUED	AB		14.04		14.16		14.27		14.39		14.52		15.04		15.18	
71	DORTMUND-KLEY	AB		14.07		14.19		14.30		14.42		14.55		15.07		15.21	
72	DORTMUND-OESPEL	AB		14.09		14.21		14.32		14.44		14.57		15.09		15.23	
73	DORTMUND-EICHLINGHOFEN	AB		14.10		14.22		14.33		14.45		14.58		15.10		15.24	
75	DORTMUND-UNIVERSITAET	AB		14.12		14.24		14.35		14.47		15.00		15.12		15.26	
76	DORTMUND-DORSTFELD SUED	AB		14.13		14.25		14.36		14.48		15.01		15.13		15.27	
77	DORTMUND-DORSTFELD	AN		14.14		14.26		14.37		14.49		15.02		15.14		15.28	

KM	STATION	ZUGNUMMER	583		*		*		*		630		665	*	
77	DORTMUND-DORSTFELD	AB	14.12		14.27		14.38		14.50		15.03	15.13		15.23	15.29
80	DORTMUND-HBF	AN	14.14		14.29		14.40		14.52		15.05	15.15		15.25	15.31

KM	STATION	ZUGNUMMER					607				609				693				694
0	DUESSELDORF-HBF	AB					14,20				14,40				15,00				15,15
1	DUESSELDORF-WERHAHN	AB					14,21				14,41				15,01				15,16
2	DUESSELDORF-ZOO	AB					14,23				14,43				15,03				15,18
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AN					14,25				14,45				15,05				15,20
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AB					14,26				14,46				15,06				15,21
5	DUESSELDORF-VOGELSANG	AB					14,28				14,48				15,08				15,23
7	DUESSELDORF-UNTERBATH	AB					14,29				14,49				15,09				15,24
10	KALKUM	AB					14,32				14,52				15,12				15,27
13	ANGERMUND	AB					14,34				14,54				15,14				15,29
15	DUISBURG-HAMM	AB					14,36				14,56				15,16				15,31
17	DUISBURG-GROSSENBAUM	AB					14,38				14,58				15,18				15,33
19	DUISBURG-BUCHHOLZ	AB					14,40				15,00				15,20				15,35
21	DUISBURG-SCHLENK	AB					14,42				15,02				15,22				15,37
24	DUISBURG-HBF	AN					14,44				15,04				15,24				15,39
24	DUISBURG-HBF	AB					14,45				15,05				15,25				15,40
30	MUELHEIM (RUHR)-STADT	AN					14,49				15,09				15,29				15,44

KM	STATION	ZUGNUMMER		*			657		658	641			*	639			700
30	MUELHEIM (RUHR)-STADT	AB		14,51			15,02		15,11	15,20			15,32	15,38			15,50
32	MUELHEIM (RUHR)	AB		14,52			15,04		15,13	15,22			15,33	15,40			15,52
34	MUELHEIM (RUHR) STADT	AB		14,54			15,06		15,15	15,24			15,34	15,42			15,54
40	ESSEN-FRONHAUSEN	AB		14,58			15,10		15,19	15,28			15,38	15,45			15,58
41	ESSEN-WEST	AN		14,59			15,11		15,20	15,29			15,39	15,47			15,59

KM	STATION	ZUGNUMMER		*		639	634	640	635	*		636	642	637		643	638
41	ESSEN-WEST	AN		15,01		15,04	15,13	15,19	15,25	15,31		15,37	15,42	15,49		15,54	16,01
43	ESSEN-HBF	AN		15,02		15,06	15,15	15,20	15,27	15,32		15,39	15,44	15,51		15,56	16,03

KM	STATION	ZUGNUMMER	644	645	646		647	648	649	650	651		652	653	735		736
43	ESSEN-HBF	AB	15,03	15,05	15,12		15,14	15,23	15,30	15,38	15,42		15,47	15,54	15,59		16,06
48	ESSEN-STEELE WEST	AN	15,08	15,09	15,15		15,21	15,25	15,33	15,41	15,45		15,50	15,57	16,02		16,09

KM	STATION	ZUGNUMMER		656	657		658	659	660	*	661		662	747	748		*
48	ESSEN-STEELE WEST	AB		15,12	15,17		15,23	15,30	15,35	15,42	15,47		15,54	15,59	16,04		16,10
49	ESSEN-STEELE	AN		15,13	15,18		15,24	15,31	15,36	15,43	15,48		15,55	16,00	16,05		16,11

KM	STATION	ZUGNUMMER		*			*		663		664			*	*		*
49	ESSEN-STEELE	AB		15,14			15,25		15,38		15,50			16,01	16,06		16,12
51	ESSEN-ALTENBERG	AB		15,15			15,27		15,40		15,52			16,03	16,08		16,14
55	WATTENSCHEID-HOLTHOF	AB		15,20			15,32		15,45		15,55			16,06	16,11		16,17
57	BOCHUM-HBF	AN		15,23			15,34		15,47		15,58			16,09	16,14		16,21
60	BOCHUM-HBF	AB		15,24			15,35		15,48		16,01			16,11	16,16		16,22
66	BOCHUM-LANGENDREER WEST	AB		15,28			15,39		15,52		16,04			16,15	16,20		16,26
68	BOCHUM-LANGENDREER SUED	AB		15,30			15,41		15,54		16,06			16,17	16,22		16,28
71	DORTMUND-KLEY	AB		15,33			15,44		15,57		16,09			16,20	16,25		16,31
72	DORTMUND-DESDEL	AB		15,35			15,46		15,59		16,11			16,22	16,27		16,33
73	DORTMUND-EICHLINGHOFEN	AB		15,36			15,47		16,00		16,12			16,23	16,28		16,34
75	DORTMUND-UNIVERSITAET	AB		15,38			15,49		16,02		16,14			16,25	16,30		16,36
76	DORTMUND-DORSTFELD SUED	AB		15,39			15,50		16,03		16,15			16,26	16,31		16,37
77	DORTMUND-DORSTFELD	AN		15,40			15,51		16,04		16,16			16,27	16,32		16,38

KM	STATION	ZUGNUMMER		*			*	759	760	761	762	763	764		765	766	
77	DORTMUND-DORSTFELD	AB		15,41			15,52	15,57	16,07	16,11	16,19	16,28	16,30		16,35	16,41	
80	DORTMUND-HBF	AN		15,43			15,54	16,02	16,09	16,13	16,21	16,28	16,32		16,37	16,43	

KM	STATION	ZUGNUMMER			695				696			732			827	
0	DUESSELDORF-HBF	AB			15.30				15.45			16.00			16.12	
1	DUESSELDORF-WERHAHN	AB			15.31				15.46			16.01			16.13	
2	DUESSELDORF-ZOO	AB			15.33				15.48			16.03			16.15	
3	DUESSELDORF-OBERBILK	AB			15.35				15.50			16.05			16.17	
3	DUESSELDORF-OBERBILK	AB			15.36				15.51			16.06			16.18	
5	DUESSELDORF-VOGELSANG	AB			15.38				15.53			16.08			16.20	
7	DUESSELDORF-INTERPATH	AB			15.39				15.54			16.09			16.21	
10	KALKUM	AB			15.42				15.57			16.12			16.24	
13	ANGERMUND	AB			15.44				15.59			16.14			16.26	
15	DUISBURG-RAHM	AB			15.46				16.01			16.16			16.28	
17	DUISBURG-GROSSENBAUM	AB			15.48				16.03			16.18			15.30	
19	DUISBURG-BUCHHOLZ	AB			15.50				16.05			16.20			16.32	
21	DUISBURG-SCHLENK	AB			15.52				16.07			16.22			16.34	
24	DUISBURG-HBF	AN			15.54				16.09			16.24			16.36	
24	DUISBURG-HBF	AB			15.55				16.10			16.25			16.37	
30	MUELHEIM (RUHR)-STYELV	AN			15.59				16.14			16.29			16.41	

KM	STATION	ZUGNUMMER		*			831	818	819		731	*			832	*	
30	MUELHEIM (RUHR)-STYELV	AB		16.00			16.07	16.14	16.20		16.25	16.30			16.37	16.42	
32	MUELHEIM (RUHR)	AB		16.02			16.09	16.16	16.22		16.27	16.32			16.39	16.44	
34	MUELHEIM (RUHR)-STADT	AB		16.04			16.11	16.18	16.24		16.29	16.34			16.41	16.46	
40	ESSEN-ERDMANNHAUSEN	AB		16.08			16.15	16.22	16.28		16.33	16.38			16.45	16.50	
41	ESSEN-WEST	AN		16.09			16.16	16.23	16.29		16.34	16.39			16.46	16.51	

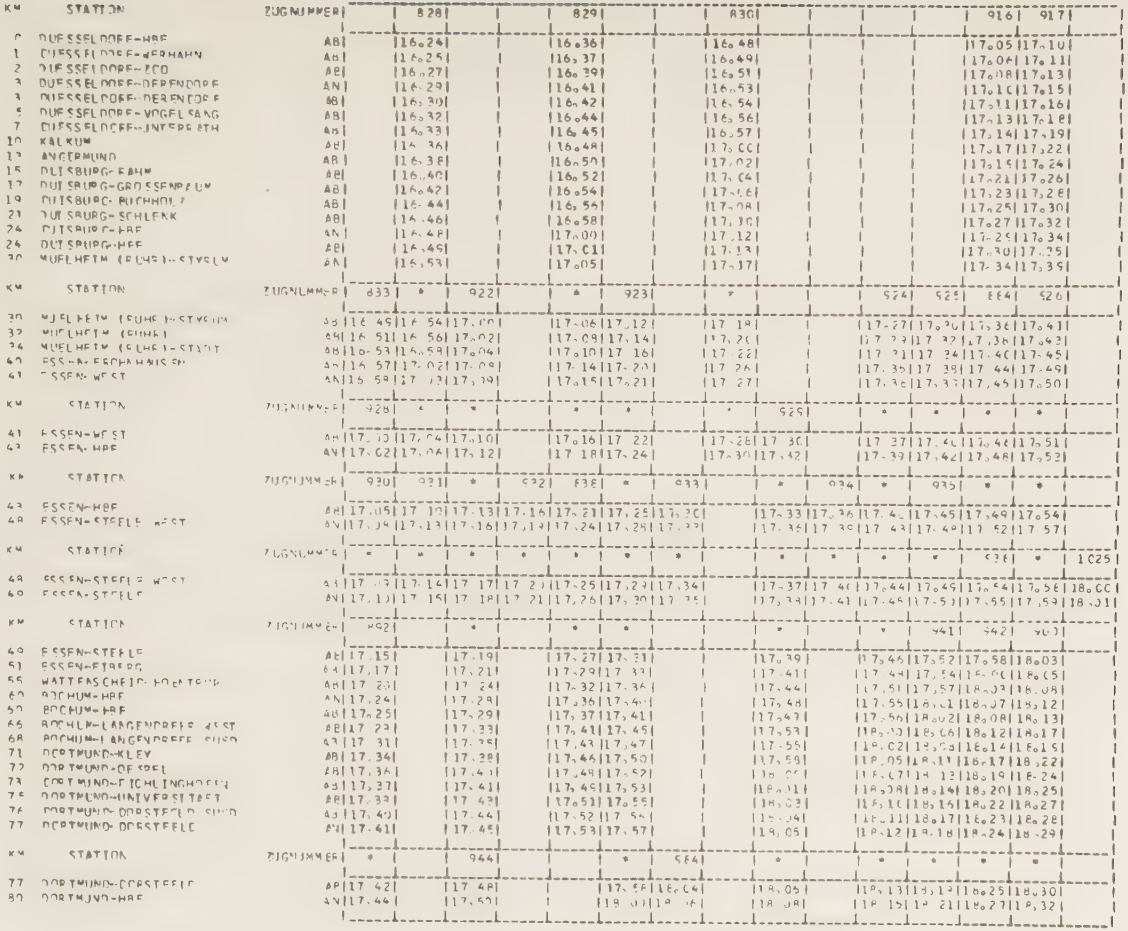
KM	STATION	ZUGNUMMER	728	*		729	730	720	721	*	*		733	734	725	
41	ESSEN-WEST	AB	16.05	16.10		16.14	16.20	16.25	16.31	16.35	16.40		16.44	16.50	16.55	
43	ESSEN-HBF	AN	16.07	16.12		16.16	16.22	16.27	16.33	16.37	16.42		16.46	16.52	16.57	

KM	STATION	ZUGNUMMER	737		738	739		740	741	742		743	744	745		746	885	
43	ESSEN-HBF	AB	16.10		16.15	16.19		16.25	16.30	16.36		16.40	16.45	16.49		16.55	17.00	
48	ESSEN-STEELE WEST	AN	16.13		16.18	16.22		16.28	16.33	16.39		16.43	16.48	16.52		16.58	17.03	

KM	STATION	ZUGNUMMER	749		750	751	752		753	*		754	755	756		937	*	
48	ESSEN-STEELE WEST	AB	16.15		16.20	16.24	16.30		16.35	16.40		16.45	16.50	16.54		17.00	17.04	
49	ESSEN-STEELE	AN	16.16		16.21	16.25	16.31		16.36	16.41		16.46	16.51	16.55		17.01	17.05	

KM	STATION	ZUGNUMMER	757			*	*		*	*		758		*		845	851	
49	ESSEN-STEELE	AB	16.19			16.26	16.32		16.37	16.42		16.48		16.56		17.03	17.09	
51	ESSEN-ERBAG	AB	16.21			16.28	16.34		16.39	16.44		16.50		16.58		17.05	17.11	
55	WATTENSCHEID-HOENTROP	AB	16.23			16.31	16.37		16.42	16.47		16.53		17.01		17.08	17.14	
58	BOCHUM-HBF	AN	16.27			16.35	16.41		16.46	16.51		16.57		17.05		17.12	17.18	
60	BOCHUM-HBF	AB	16.28			16.36	16.42		16.47	16.52		16.58		17.06		17.13	17.19	
65	BOCHUM-LANGENDREER WEST	AB	16.32			16.40	16.46		16.51	16.56		17.02		17.10		17.17	17.23	
68	BOCHUM-LANGENDREER SUED	AB	15.34			16.42	16.48		16.53	16.58		17.04		17.12		17.19	17.25	
71	DORTMUND-KLEY	AB	16.37			16.45	16.51		16.56	17.01		17.07		17.15		17.22	17.28	
72	DORTMUND-CASPEL	AB	15.38			16.47	16.53		16.58	17.03		17.09		17.17		17.24	17.30	
73	DORTMUND-ECHLINGHOFEN	AB	15.40			16.48	16.54		16.59	17.04		17.10		17.18		17.25	17.31	
75	DORTMUND-UNIVERSITAET	AB	16.42			16.50	16.56		17.01	17.06		17.12		17.20		17.27	17.33	
76	DORTMUND-DORSTFELD SUED	AB	16.43			16.51	16.57		17.02	17.07		17.13		17.21		17.28	17.34	
77	DORTMUND-DORSTFELD	AN	16.44			16.52	16.58		17.03	17.08		17.14		17.22		17.29	17.35	

KM	STATION	ZUGNUMMER	767	768			*			*	860	888		943		*	*	
77	DORTMUND-DORSTFELD	AB	16.47	16.55			16.59			17.09	17.13	17.21		17.25		17.30	17.36	
80	DORTMUND-HBF	AN	16.49	16.57			17.01			17.11	17.15	17.23		17.27		17.32	17.38	



KM	STATION	ZUGNUMMER		828			829			830				916	917	
0	DUESSELDORF-HBF		AB	16.24			16.36			16.48				17.05	17.10	
1	DUESSELDORF-WERHAHN		AB	16.25			16.37			16.49				17.06	17.11	
2	DUESSELDORF-ZOO		AB	16.27			16.39			16.51				17.08	17.13	
3	DUESSELDORF-DERENDORF		AN	16.29			16.41			16.53				17.10	17.15	
3	DUESSELDORF-DERENDORF		AB	16.30			16.42			16.54				17.11	17.16	
5	DUESSELDORF-VOGELSANG		AB	16.32			16.44			16.56				17.13	17.18	
7	DUESSELDORF-UNTERBATH		AB	16.33			16.45			16.57				17.14	17.19	
10	KALKUM		AB	16.36			16.48			17.00				17.17	17.22	
13	ANGERMUND		AB	16.38			16.50			17.02				17.19	17.24	
15	DUISBURG-RAHM		AB	16.40			16.52			17.04				17.21	17.26	
17	DUISBURG-GROSSENBAUM		AB	16.42			16.54			17.06				17.23	17.28	
19	DUISBURG-BUCHHOLZ		AB	16.44			16.56			17.08				17.25	17.30	
21	DUISBURG-SCHLEUSK		AB	16.46			16.58			17.10				17.27	17.32	
24	DUISBURG-HBF		AN	16.48			17.00			17.12				17.29	17.34	
24	DUISBURG-HBF		AB	16.49			17.01			17.13				17.30	17.35	
30	MUELHEIM (RUHR)-STYRUM		AN	16.53			17.05			17.17				17.34	17.39	

KM	STATION	ZUGNUMMER		833	*	922	*	923	*		924	925	864	926	
30	MUELHEIM (RUHR)-STYRUM		AB	16.49	16.54	17.00		17.06	17.12	17.18		17.27	17.30	17.36	17.41
32	MUELHEIM (RUHR)		AB	16.51	16.56	17.02		17.08	17.14	17.20		17.29	17.32	17.38	17.43
34	MUELHEIM (RUHR)-STYRUM		AB	16.53	16.58	17.04		17.10	17.16	17.22		17.31	17.34	17.40	17.45
40	ESSEN-ESSENHAUSEN		AN	16.57	17.02	17.08		17.14	17.20	17.26		17.35	17.38	17.44	17.49
41	ESSEN-WEST		AN	16.58	17.03	17.09		17.15	17.21	17.27		17.36	17.39	17.45	17.50

KM	STATION	ZUGNUMMER		928	*	*	*	*	925	*	*	*	*	*
41	ESSEN-WEST		AB	17.00	17.04	17.10	17.16	17.22	17.28	17.30	17.37	17.40	17.46	17.51
43	ESSEN-HBF		AN	17.02	17.06	17.12	17.18	17.24	17.30	17.32	17.39	17.42	17.48	17.53

KM	STATION	ZUGNUMMER		930	931	*	932	836	*	933	*	934	*	935	*	*
43	ESSEN-HBF		AB	17.05	17.10	17.13	17.16	17.21	17.25	17.30	17.33	17.36	17.42	17.45	17.49	17.54
48	ESSEN-STEELE WEST		AN	17.09	17.13	17.16	17.19	17.24	17.28	17.33	17.36	17.39	17.43	17.48	17.52	17.57

KM	STATION	ZUGNUMMER		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	938	*	1025
48	ESSEN-STEELE WEST		AB	17.13	17.14	17.17	17.20	17.25	17.29	17.34	17.37	17.40	17.44	17.49	17.54	17.58	18.00
50	ESSEN-STEELE		AN	17.10	17.15	17.18	17.21	17.26	17.30	17.35	17.38	17.41	17.45	17.50	17.55	17.59	18.01

KM	STATION	ZUGNUMMER		842	*	*	*		*	*	941	942	940	
49	ESSEN-STEELE		AB	17.15	17.19	17.27	17.31		17.39		17.46	17.52	17.58	18.03
51	ESSEN-STEELE		AB	17.17	17.21	17.29	17.33		17.41		17.48	17.54	18.00	18.05
55	WATTENSCHEID-HOENTROP		AB	17.20	17.24	17.32	17.36		17.44		17.51	17.57	18.03	18.08
60	BOCHUM-HBF		AN	17.24	17.28	17.36	17.40		17.48		17.55	18.01	18.07	18.12
60	BOCHUM-HBF		AB	17.25	17.29	17.37	17.41		17.49		17.56	18.02	18.08	18.13
66	BOCHUM-LANGENDREER WEST		AB	17.29	17.33	17.41	17.45		17.53		18.00	18.06	18.12	18.17
68	BOCHUM-LANGENDREER SUED		AB	17.31	17.35	17.43	17.47		17.55		18.02	18.08	18.14	18.19
71	DORTMUND-KLEY		AB	17.34	17.38	17.46	17.50		17.58		18.05	18.11	18.17	18.22
72	DORTMUND-DEPEL		AB	17.36	17.40	17.48	17.52		18.00		18.07	18.13	18.19	18.24
73	DORTMUND-FICHLINGHOFEN		AB	17.37	17.41	17.49	17.53		18.01		18.08	18.14	18.20	18.25
75	DORTMUND-HUNTERSTRASSE		AB	17.39	17.43	17.51	17.55		18.03		18.10	18.16	18.22	18.27
76	DORTMUND-DORSTFELD SUED		AB	17.40	17.44	17.52	17.56		18.04		18.11	18.17	18.23	18.28
77	DORTMUND-DORSTFELD		AN	17.41	17.45	17.53	17.57		18.05		18.12	18.18	18.24	18.29

KM	STATION	ZUGNUMMER		*	944	*	864	*		*	*	*	*
77	DORTMUND-DORSTFELD		AB	17.42	17.48	17.56	18.04	18.06	18.13	18.19	18.25	18.30	
80	DORTMUND-HBF		AN	17.46	17.52	18.00	18.08	18.08	18.15	18.21	18.27	18.32	

KM	STATION	ZUGNUMMER			918			919	920					921		
0	DUESSELDORF-HBF	AB			17.20			17.34	17.40					17.50		
1	DUESSELDORF-WERSTHAMM	AB			17.21			17.35	17.41					17.51		
2	DUESSELDORF-ZOO	AB			17.23			17.37	17.43					17.53		
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AN			17.25			17.39	17.45					17.55		
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AB			17.26			17.40	17.46					17.56		
5	DUESSELDORF-VOGELSANG	AB			17.28			17.42	17.48					17.58		
7	DUESSELDORF-UNTERBATH	AB			17.29			17.43	17.49					17.59		
10	KALKUM	AB			17.32			17.46	17.52					18.02		
13	ANGERMUND	AB			17.34			17.48	17.54					18.04		
15	DUISBURG-ROHM	AB			17.36			17.50	17.56					18.06		
17	DUISBURG-GROSSENBAUM	AB			17.38			17.52	17.58					18.08		
19	DUISBURG-BUCKHOLT	AB			17.40			17.54	18.00					18.10		
21	DUISBURG-SCHLENK	AB			17.42			17.56	18.02					18.12		
24	DUISBURG-HBF	AN			17.44			17.58	18.04					18.14		
24	DUISBURG-HBF	AB			17.45			17.59	18.05					18.15		
30	MUELHEIM (RUHR)-STADION	AN			17.49			18.03	18.09					18.19		

KM	STATION	ZUGNUMMER		*		927	*	*		1079	1080		1081	1082
30	MUELHEIM (RUHR)-STADION	AB		17.50		17.58	18.04	18.10		18.13	18.19		18.25	18.32
32	MUELHEIM (RUHR)	AB		17.52		18.00	18.06	18.12		18.15	18.21		18.27	18.34
34	MUELHEIM (RUHR)-STADT	AB		17.54		18.02	18.08	18.14		18.17	18.23		18.29	18.36
40	ESSEN-FROHNHAUSEN	AB		17.58		18.06	18.12	18.18		18.21	18.27		18.33	18.40
41	ESSEN-WEST	AN		17.59		18.07	18.13	18.19		18.22	18.28		18.34	18.41

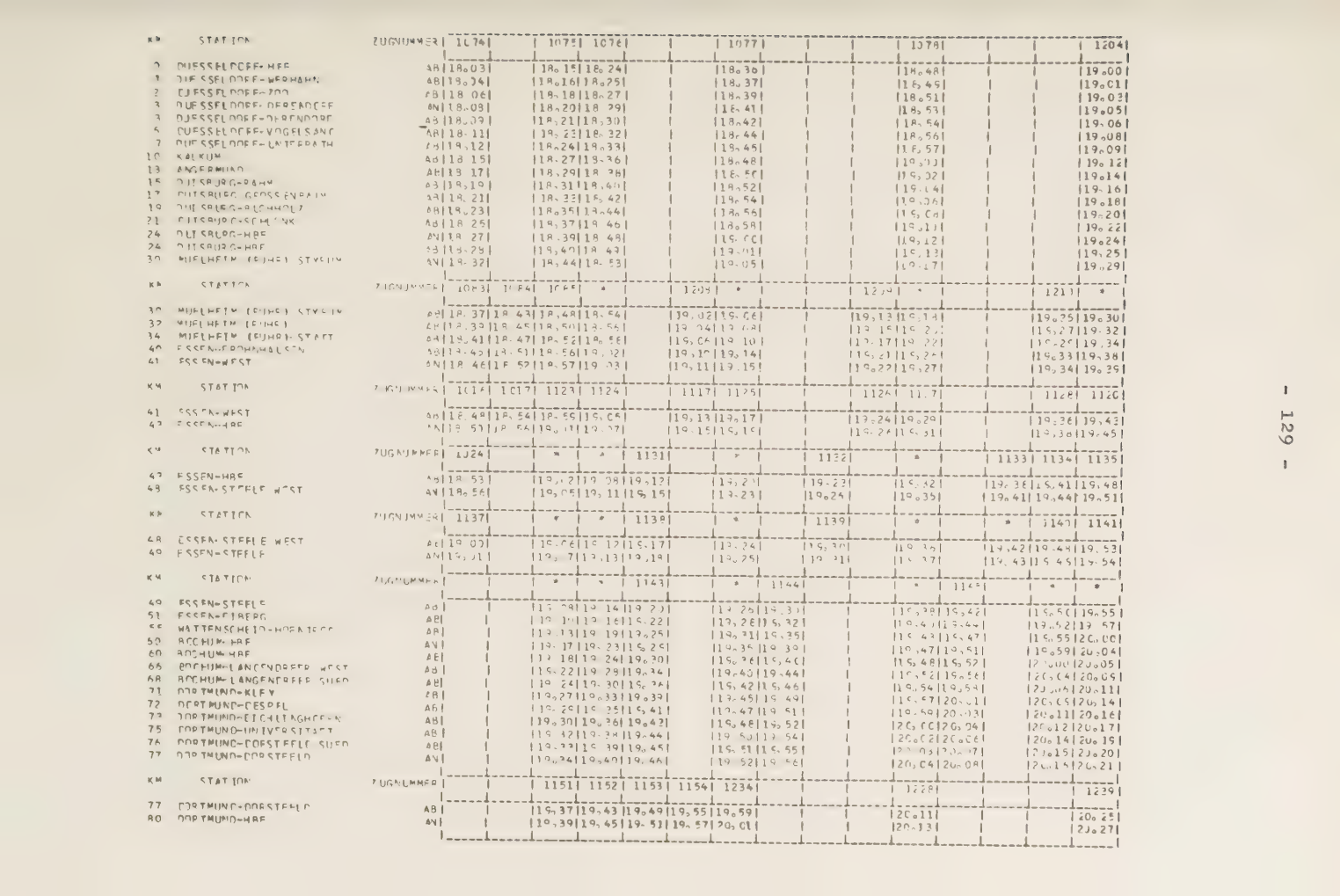
KM	STATION	ZUGNUMMER	886	*		*	*		1013	1014		1015	1016
41	ESSEN-WEST	AB	17.55	18.00		18.08	18.14	18.20		18.24	18.30		18.36	18.43
43	ESSEN-HBF	AN	17.57	18.02		18.10	18.16	18.22		18.26	18.32		18.38	18.45

KM	STATION	ZUGNUMMER	935	*	1018	1019	*	*		1020	1021		1022	1023
43	ESSEN-HBF	AB	17.56	18.03	18.08	18.13	18.17	18.23		18.29	18.35		18.41	18.48
48	ESSEN-STEELE WEST	AN	17.59	18.06	18.11	18.16	18.20	18.26		18.32	18.41		18.44	18.51

KM	STATION	ZUGNUMMER		*	*		*	*	1026	1027	*		1028	1029
48	ESSEN-STEELE WEST	AB		18.07	18.12		18.21	18.27	18.30	18.36	18.42		18.48	18.53
49	ESSEN-STEELE	AN		18.08	18.13		18.22	18.28	18.31	18.37	18.43		18.49	18.54

KM	STATION	ZUGNUMMER		*	*	1033	*	*	1031		*	1032	1033	1142
49	ESSEN-STEELE	AB		18.09	18.14	18.18	18.23	18.29	18.36		18.44	18.49	18.56	19.00
51	ESSEN-ALTENB	AB		18.11	18.16	18.20	18.25	18.31	18.38		18.46	18.51	18.58	19.02
55	BATTENSCHEID-HOESEN	AB		18.14	18.19	18.23	18.28	18.34	18.41		18.49	18.53	19.01	19.05
60	BOCHUM-HBF	AN		18.18	18.23	18.27	18.32	18.38	18.45		18.53	18.57	19.05	19.09
60	BOCHUM-HBF	AB		18.19	18.24	18.28	18.33	18.39	18.46		18.54	18.58	19.06	19.10
66	BOCHUM-LANGENDREER WEST	AB		18.23	18.28	18.32	18.37	18.43	18.50		18.58	19.02	19.10	19.14
68	BOCHUM-LANGENDREER SUED	AB		18.25	18.30	18.34	18.39	18.45	18.52		19.00	19.04	19.12	19.16
73	DORTMUND-KLEY	AB		18.29	18.33	18.37	18.42	18.48	18.55		19.03	19.07	19.15	19.19
73	DORTMUND-DESPEL	AB		18.30	18.35	18.39	18.44	18.50	18.57		19.05	19.09	19.17	19.21
73	DORTMUND-ECHLINGHEIDE	AB		18.31	18.36	18.40	18.45	18.51	18.58		19.06	19.10	19.18	19.22
75	DORTMUND-UNIVERSITAET	AB		18.33	18.38	18.42	18.47	18.53	19.00		19.08	19.12	19.20	19.24
76	DORTMUND-DORSTFELD SUED	AB		18.34	18.39	18.43	18.48	18.54	19.01		19.09	19.13	19.21	19.25
77	DORTMUND-DORSTFELD	AN		18.35	18.40	18.44	18.49	18.55	19.02		19.10	19.14	19.22	19.26

KM	STATION	ZUGNUMMER			*	1034		*	*	1146	1147		1148	1149	1150
77	DORTMUND-DORSTFELD	AB			18.36	18.43		18.50	18.56	19.01	19.05		19.12	19.17	19.25	19.29
80	DORTMUND-HBF	AN			18.38	18.45		18.52	18.58	19.03	19.07		19.15	19.19	19.27	19.31



KM	STATION	ZUGNUMMER	1074	1075	1076		1077			1078			1204
0	DUESSELDORF-HBF	AB	18.03	18.15	18.24		18.36			18.48			19.00
1	DUESSELDORF-WERHAHN	AB	18.04	18.16	18.25		18.37			18.49			19.01
2	DUESSELDORF-ZOO	AB	18.06	18.18	18.27		18.39			18.51			19.03
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AN	18.08	18.20	18.29		18.41			18.53			19.05
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AB	18.09	18.21	18.30		18.42			18.54			19.06
5	DUESSELDORF-VOGELSANG	AB	18.11	18.23	18.32		18.44			18.56			19.08
7	DUESSELDORF-UNTERRATH	AB	18.12	18.24	18.33		18.45			18.57			19.09
10	KALKUM	AB	18.15	18.27	18.36		18.48			19.00			19.12
13	ANGERMUND	AB	18.17	18.29	18.38		18.50			19.02			19.14
15	DUISBURG-RAHM	AB	18.19	18.31	18.40		18.52			19.04			19.16
17	DUISBURG-GROSSENBAUM	AB	18.21	18.33	18.42		18.54			19.06			19.18
19	DUISBURG-ROTTHAUSEN	AB	18.23	18.35	18.44		18.56			19.08			19.20
21	DUISBURG-SCHLENK	AB	18.25	18.37	18.46		18.58			19.11			19.22
24	DUISBURG-HBF	AN	18.27	18.39	18.48		19.00			19.12			19.24
24	DUISBURG-HBF	AB	18.29	18.40	18.49		19.01			19.13			19.25
30	MUELHEIM (RUHR)-STADION	AN	18.32	18.44	18.53		19.05			19.17			19.29

KM	STATION	ZUGNUMMER	1083	1084	1085	*	1208	*		1209	*		1210	*
30	MUELHEIM (RUHR)-STADION	AB	18.37	18.43	18.48	18.54	19.02	19.06		19.13	19.14		19.25	19.30
32	MUELHEIM (RUHR)	AB	18.39	18.45	18.50	18.56	19.04	19.08		19.15	19.16		19.27	19.32
34	MUELHEIM (RUHR)-STAPP	AB	18.41	18.47	18.52	18.58	19.06	19.10		19.17	19.18		19.29	19.34
40	ESSEN-ROSSENBRUCH	AB	18.45	18.51	18.56	19.02	19.10	19.14		19.21	19.22		19.33	19.38
41	ESSEN-WEST	AN	18.46	18.52	18.57	19.03	19.11	19.15		19.22	19.23		19.34	19.39

KM	STATION	ZUGNUMMER	1014	1017	1123	1124	1117	1125		1124	1127		1128	1126
41	ESSEN-WEST	AB	18.48	18.54	18.55	19.04	19.13	19.17		19.24	19.28		19.36	19.43
43	ESSEN-HBF	AN	19.51	18.54	19.00	19.07	19.15	19.19		19.26	19.31		19.38	19.45

KM	STATION	ZUGNUMMER	1234	*	*	1131	*		1132	*		1133	1134	1135
43	ESSEN-HBF	AB	18.53	19.02	19.08	19.12	19.23		19.22	19.32		19.38	19.41	19.48
48	ESSEN-STEELE WEST	AN	18.56	19.05	19.11	19.15	19.23		19.24	19.35		19.41	19.44	19.51

KM	STATION	ZUGNUMMER	1137	*	*	*	1138	*		1139	*		*	1140	1141
48	ESSEN-STEELE WEST	AB	19.00	19.06	19.12	19.17	19.24	19.30		19.30	19.36		19.42	19.49	19.53
49	ESSEN-STEELE	AN	19.01	19.07	19.13	19.18	19.25	19.31		19.31	19.37		19.43	19.45	19.54

KM	STATION	ZUGNUMMER			*	*	1143	*	1144		*	1145		*	*
49	ESSEN-STEELE	AB			19.08	19.14	19.20	19.26	19.30		19.38	19.42		19.50	19.55
51	ESSEN-STEELE	AB			19.10	19.16	19.22	19.28	19.32		19.40	19.44		19.52	19.57
55	WATTENSCHEID-HOREDE	AB			19.13	19.19	19.25	19.31	19.35		19.43	19.47		19.55	20.00
60	BOCHUM-HBF	AN			19.17	19.23	19.29	19.35	19.39		19.47	19.51		19.59	20.04
60	BOCHUM-HBF	AB			19.18	19.24	19.30	19.36	19.40		19.48	19.52		20.00	20.05
66	BOCHUM-LANGENDREER WEST	AB			19.22	19.28	19.34	19.40	19.44		19.52	19.56		20.04	20.09
68	BOCHUM-LANGENDREER SUED	AB			19.24	19.30	19.36	19.42	19.46		19.54	19.58		20.06	20.11
71	DORTMUND-KLEY	AB			19.27	19.33	19.39	19.45	19.49		19.57	20.01		20.09	20.14
72	DORTMUND-OESPEL	AB			19.29	19.35	19.41	19.47	19.51		19.59	20.03		20.11	20.16
73	DORTMUND-ECKEL-HAGHEEN	AB			19.30	19.36	19.42	19.48	19.52		20.00	20.04		20.12	20.17
75	DORTMUND-UNIVERSITAET	AB			19.32	19.38	19.44	19.50	19.54		20.02	20.06		20.14	20.19
76	DORTMUND-DORSTFELD SUED	AB			19.33	19.39	19.45	19.51	19.55		20.03	20.07		20.15	20.20
77	DORTMUND-DORSTFELD	AN			19.34	19.40	19.46	19.52	19.56		20.04	20.08		20.16	20.21

KM	STATION	ZUGNUMMER			1151	1152	1153	1154	1234			1228			1229
77	DORTMUND-DORSTFELD	AB			19.37	19.43	19.49	19.55	19.59			20.11			20.25
80	DORTMUND-HBF	AN			19.39	19.45	19.51	19.57	20.01			20.13			20.27

KM	STATION	ZUGNUMMER		1295	1206		1207	1284			1285	
0	DUESSELDORF-HBF	AB		19:15	19:30		19:45	20:00			20:20	
1	DUESSELDORF-WERHAHN	AN		19:16	19:31		19:46	20:01			20:21	
2	DUESSELDORF-ZOO	AN		19:18	19:33		19:48	20:03			20:23	
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AN		19:20	19:35		19:50	20:05			20:25	
4	DUESSELDORF-GERRESHEIM	AN		19:21	19:36		19:51	20:06			20:26	
5	DUESSELDORF-VOGELSANG	AN		19:23	19:38		19:53	20:08			20:28	
7	DUESSELDORF-UNTERRATH	AN		19:24	19:39		19:54	20:09			20:29	
10	KALKUM	AN		19:27	19:42		19:57	20:12			20:32	
13	ANGERMUND	AN		19:29	19:44		19:59	20:14			20:34	
15	DUISBURG-BAHN	AN		19:31	19:46		20:01	20:16			20:36	
17	DUISBURG-GROSSENBAUM	AN		19:33	19:48		20:03	20:18			20:38	
19	DUISBURG-BUCHHOLZ	AN		19:35	19:50		20:05	20:20			20:40	
21	DUISBURG-SCHOENAU	AN		19:37	19:52		20:07	20:22			20:42	
24	DUISBURG-HBF	AN		19:39	19:54		20:09	20:24			20:44	
26	DUISBURG-HBF	AB		19:44	19:59		20:14	20:29			20:45	
30	MUELHEIM (RUHR)-STADT	AN		19:46	19:59		20:16	20:29			20:49	

KM	STATION	ZUGNUMMER	1213	1213	1213	1214	*	*	*	*	1335
30	MUELHEIM (RUHR)-STADT	AB	19:37	19:43	19:48	19:54	20:19	20:35	20:36		20:50 21:02
32	MUELHEIM (RUHR)	AN	19:39	19:45	19:50	19:56	20:21	20:37	20:38		20:52 21:04
34	MUELHEIM (RUHR)-STADT	AB	19:41	19:47	19:52	19:58	20:24	20:39	20:40		20:54 21:06
40	ESSEN-ERDMANNHAUS	AN	19:45	19:51	19:56	20:02	20:28	20:43	20:44		20:58 21:10
41	ESSEN-WEST	AN	19:46	19:52	19:57	20:03	20:29	20:44	20:45		20:59 21:11

KM	STATION	ZUGNUMMER	1129	1130	1245	*		1246	1247	1248	1244		1304
41	ESSEN-WEST	AB	19:48	19:54	20:03		20:30	20:20	20:35	20:43	20:50	20:58	21:13
43	ESSEN-HBF	AN	19:51	19:56	20:05		20:32	20:22	20:37	20:45	20:52	21:00	21:15

KM	STATION	ZUGNUMMER	1136	1237	*	1240	*	1240	1245	1306	*
43	ESSEN-HBF	AB	19:53	19:56		20:13	20:23	20:32	20:40	20:53	21:03	21:16
48	ESSEN-STEELE WEST	AN	19:56	20:02		20:16	20:26	20:35	20:43	20:56	21:06	21:19

KM	STATION	ZUGNUMMER	*	1259	1251	1252	1253	1254	1310			
48	ESSEN-STEELE WEST	AB	20:03	20:10	20:18	20:23	20:42	20:50	20:54			21:20
49	ESSEN-STEELE	AN	20:04	20:11	20:19	20:29	20:41	20:51	20:54			21:21

KM	STATION	ZUGNUMMER	1255			*	*	1354			*	
49	ESSEN-STEELE	AB	20:05			20:22	20:31	20:43		21:03		21:22
51	ESSEN-ELBERG	AN	20:07			20:23	20:32	20:45		21:05		21:24
55	WATTENSCHEID-HOHENSTR	AB	20:10			20:25	20:35	20:48		21:08		21:27
60	BOCHUM-HBF	AN	20:14			20:29	20:39	20:52		21:12		21:31
60	BOCHUM-HBF	AB	20:15			20:33	20:41	20:53		21:16		21:32
64	BOCHUM-LANGENDREER WEST	AB	20:19			20:36	20:44	20:57		21:19		21:36
68	BOCHUM-LANGENDREER OST	AB	20:21			20:38	20:46	20:59		21:15		21:38
71	DORTMUND-KLEY	AB	20:24			20:39	20:49	21:02		21:19		21:41
72	DORTMUND-DERBEL	AB	20:26			20:41	20:51	21:04		21:21		21:43
73	DORTMUND-STOCKUMHOFEN	AB	20:27			20:42	20:52	21:05		21:22		21:44
75	DORTMUND-UNIVERSITAET	AB	20:29			20:44	20:54	21:07		21:24		21:46
76	DORTMUND-DORSTFELD SUED	AB	20:31			20:45	20:55	21:08		21:25		21:47
77	DORTMUND-DORSTFELD	AN	20:31			20:46	20:56	21:09		21:26		21:48

KM	STATION	ZUGNUMMER	1257			*	*		1313		1314		
77	DORTMUND-DORSTFELD	AB	20:34			20:47	20:57		21:20		21:40		
80	DORTMUND-HBF	AN	20:35			20:49	20:59		21:22		21:42		

KM	STATION	ZUGNUMMER	1285	1333			1334	1391				1392
0	DUESSELDORF-HBF	AB	21.40	21.00			21.30	22.00				22.30
1	DUESSELDORF-WORRINGEN	AB	21.41	21.01			21.31	22.01				22.31
2	DUESSELDORF-ZOO	AB	21.43	21.03			21.33	22.03				22.33
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AN	21.45	21.05			21.35	22.05				22.35
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AB	21.46	21.06			21.36	22.06				22.36
6	DUESSELDORF-WORTH-SAEE	AB	21.48	21.08			21.38	22.08				22.38
7	DUESSELDORF-UNTERRATH	AB	21.49	21.09			21.39	22.09				22.39
10	KALKUM	AB	21.52	21.12			21.42	22.12				22.42
13	ANGERMUND	AB	21.54	21.14			21.44	22.14				22.44
15	DUISBURG-RAHM	AB	21.56	21.16			21.46	22.16				22.46
17	DUISBURG-GROSSENBAUM	AB	21.58	21.18			21.48	22.18				22.48
19	DUISBURG-HUCHHEIM	AB	21.50	21.20			21.50	22.20				22.50
21	DUISBURG-SCHLENK	AB	21.02	21.22			21.52	22.22				22.52
24	DUISBURG-HBF	AN	21.04	21.24			21.54	22.24				22.54
24	DUISBURG-HBF	AB	21.05	21.25			21.55	22.25				22.55
30	MUELHEIM (RUHR)-STYRUM	AN	21.27	21.29			21.59	22.29				22.59

KM	STATION	ZUGNUMMER	1335		1337		*	1393			1394		*
30	MUELHEIM (RUHR)-STYRUM	AB	21.22		21.40		22.04	22.22			22.40		23.04
32	MUELHEIM (RUHR)	AB	21.24		21.42		22.06	22.24			22.42		23.06
34	MUELHEIM (RUHR)-STYRUM	AB	21.26		21.44		22.08	22.26			22.44		23.08
40	ESSEN-BERTHOLDSTR	AB	21.30		21.48		22.12	22.30			22.48		23.12
41	ESSEN-WEST	AN	21.31		21.49		22.13	22.31			22.49		23.13

KM	STATION	ZUGNUMMER	1335	1337	1361	1358	1359	1402	1403
41	ESSEN-WEST	AB	21.33	21.45	22.03	22.13	22.33	22.45	23.13
43	ESSEN-HBF	AN	21.35	21.47	22.05	22.15	22.35	22.47	23.15

KM	STATION	ZUGNUMMER	1336	*	*	*	1363	1364	1404	
43	ESSEN-HBF	AB	21.30	21.48	22.03	22.16	22.30	22.52	23.16	
48	ESSEN-STEELE WEST	AN	21.33	21.51	22.06	22.19	22.33	22.57	23.11	

KM	STATION	ZUGNUMMER	*	1311	1365	*	*	*	1366	1421		
48	ESSEN-STEELE WEST	AB	21.34	21.45	22.04	22.20	22.34		22.46	22.5[illegible]		
49	ESSEN-STEELE	AN	21.35	21.46	22.07	22.21	22.35		22.46	[illegible]		

KM	STATION	ZUGNUMMER	1312	1367	*	1368	1422				
49	ESSEN-STEELE	AB	21.47	22.09	22.22	22.47	22.[illegible]				
51	ESSEN-FRINTROP	AB	21.49	22.12	22.24	22.49	22.[illegible]				
55	WATTENSCHEID-HOESTEDDE	AB	21.52	22.15	22.27	22.52	22.[illegible]				
58	BOCHUM-HBF	AN	21.56	22.19	22.31	22.56	23.[illegible]				
58	BOCHUM-HBF	AB	21.57	22.19	22.32	22.57	23.[illegible]				
64	BOCHUM-LANGENDREER WEST	AB	22.03	22.14	22.36	23.01	23.[illegible]				
68	BOCHUM-LANGENDREER SUED	AB	22.[illegible]	22.[illegible]	22.38	23.[illegible]	23.[illegible]				
71	DORTMUND-KLEY	AB	22.06	22.19	22.41	23.06	23.17				
73	DORTMUND-DESPEL	AB	22.08	22.21	22.43	23.08	23.[illegible]				
73	DORTMUND-FICHTINGHOEFE	AB	22.09	22.22	22.44	23.09	23.[illegible]				
75	DORTMUND-UNIVERSITAET	AB	22.11	22.24	22.46	23.11	23.[illegible]				
76	DORTMUND-DORSTFELD SUED	AB	22.12	22.25	22.47	23.12	23.[illegible]				
77	DORTMUND-DORSTFELD	AN	22.13	22.26	22.49	23.13	23.[illegible]				

KM	STATION	ZUGNUMMER	1369	1371	1423	1424					
77	DORTMUND-DORSTFELD	AB	22.03	22.20	22.40	23.03	23.27				
80	DORTMUND-HBF	AN	22.05	22.22	22.42	23.05	23.29				

KM	STATION	ZUGNUMMER		14391	14371		1472	1475	1503	15131		1554			
0	DUESSELDORF-HBF		AB	22.57	23.30		23.59	0.30	1.00	2.00					
1	DUESSELDORF-DEGINDORF		AN	22.58	23.31		24.00	0.31	1.01	2.01					
2	DUESSELDORF-ZOO		AB	23.01	23.33		0.02	0.33	1.03	2.03					
3	DUESSELDORF-DERENDORF		AN	23.02	23.35		0.04	0.35	1.05	2.05					
3	DUESSELDORF-DERENDORF		AB	23.03	23.36		0.05	0.36	1.06	2.06					
5	DUESSELDORF-VOGELSANG		AN	23.05	23.38		0.07	0.38	1.08	2.08					
7	DUESSELDORF-UNTERBACH		AN	23.09	23.42		0.11	0.42	1.12	2.12					
10	KALKUM		AN	23.13	23.46		0.15	0.46	1.16	2.16					
13	ANGERMUND		AN	23.11	23.44		0.13	0.44	1.14	2.14					
15	DUISBURG-FAHN		AN	23.13	23.46		0.15	0.46	1.16	2.16					
17	DUISBURG-GROSSENDORF		AN	23.15	23.48		0.17	0.48	1.18	2.18					
19	DUISBURG-BUCHHOLZ		AN	23.17	23.50		0.19	0.50	1.20	2.20					
21	DUISBURG-SCHLENK		AN	23.19	23.52		0.21	0.52	1.22	2.22					
24	DUISBURG-HBF		AN	23.21	23.54		0.23	0.54	1.24	2.24					
24	DUISBURG-HBF		AB	23.22	23.55		0.24	0.55	1.25	2.25					
30	MUELHEIM (RUHR)-STEELE		AN	23.24	23.57		0.28	0.59	1.29	2.29					

KM	STATION	ZUGNUMMER											1570		
30	MUELHEIM (RUHR)-STEELE		AB	23.27			0.28	1.01		2.31			4.00		
32	MUELHEIM (RUHR)		AN	23.29			0.31	1.03		2.33					
34	MUELHEIM (RUHR)-STADT		AB	23.31			0.33	1.04		2.34			4.04		
40	ESSEN-BRUCHHAUSEN		AN	23.35			0.37	1.08		2.38			4.08		
41	ESSEN-WEST		AN	23.36			0.38	1.09		2.39			4.09		

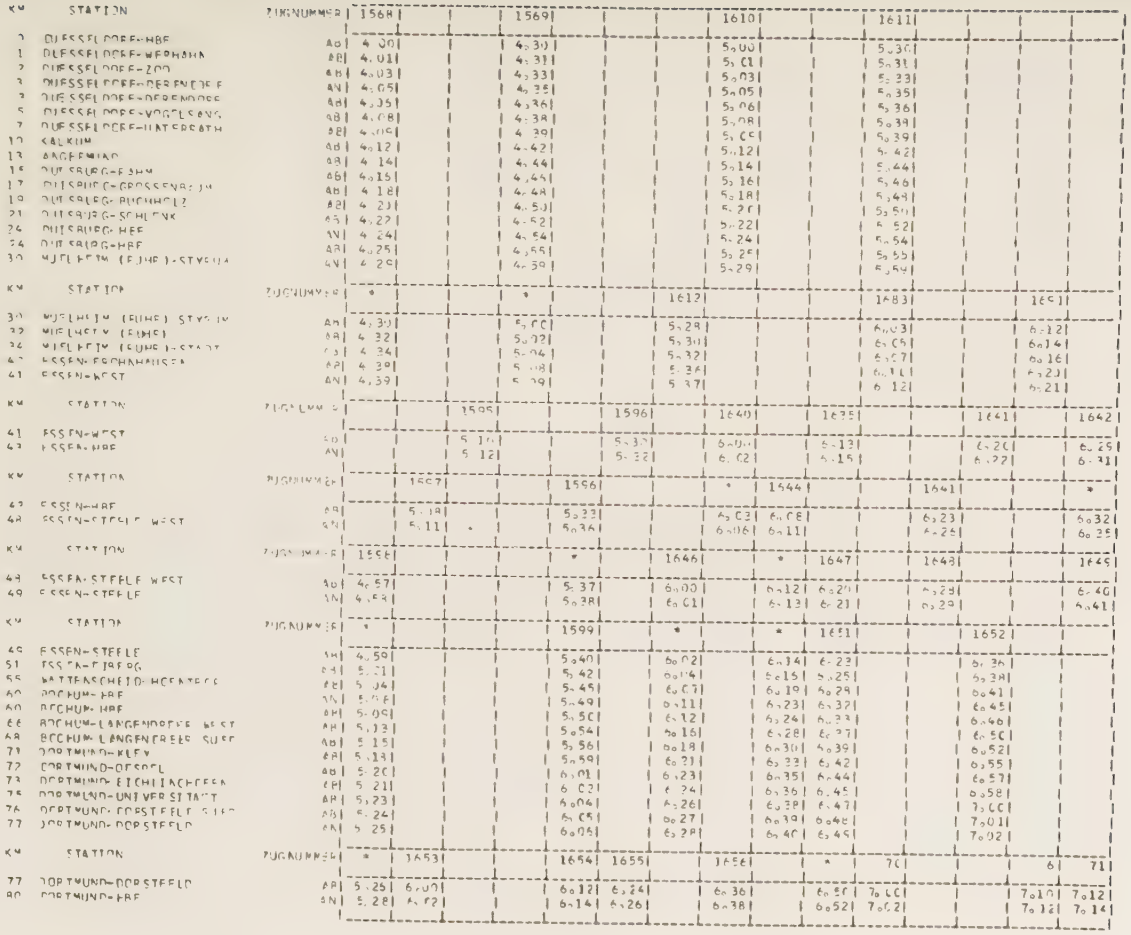
KM	STATION	ZUGNUMMER		1419		1544				1533		1556	1554
41	ESSEN-WEST		AB	23.37				1.10		2.41			4.10
43	ESSEN-HBF		AN	23.37				1.12		2.42			4.12

KM	STATION	ZUGNUMMER			1448						1543		
43	ESSEN-HBF		AB	23.33				1.13		2.43			4.13
48	ESSEN-STEELE WEST		AN	23.35				1.16		2.46			4.16

KM	STATION	ZUGNUMMER											
48	ESSEN-STEELE WEST		AB	23.37				1.17		2.47			4.17
49	ESSEN-STEELE		AN	23.38				1.18		2.48			4.18

KM	STATION	ZUGNUMMER									1550		
49	ESSEN-STEELE		AB	23.39				1.19		2.49			4.19
51	ESSEN-FREIBRG		AB	23.41				1.21		2.51			4.21
55	WATTENSCHEID-HOENTROP		AB	23.44				1.24		2.54			4.24
60	BOCHUM-HBF		AN	23.48				1.28		2.58			4.28
60	BOCHUM-HBF		AB	23.49				1.29		2.59			4.29
66	BOCHUM-LANGENDREER WEST		AB	23.53				1.33		3.03			4.33
68	BOCHUM-LANGENDREER SUED		AB	23.55				1.35		3.05			4.35
71	DORTMUND-KLEY		AB	23.58				1.38		3.08			4.38
73	DORTMUND-DEGSEL		AB	24.00				1.40		3.10			5.00
73	DORTMUND-EICHLINGHOFEN		AB	0.01				1.41		3.11			5.01
75	DORTMUND-UNIVERSITAET		AB	0.03				1.43		3.13			5.03
76	DORTMUND-DORSTFELD SUED		AB	0.04				1.44		3.14			5.04
77	DORTMUND-DORSTFELD		AN	0.05				1.45		3.15			5.05

KM	STATION	ZUGNUMMER											
77	DORTMUND-DORSTFELD		AB	0.05				1.46		3.16			5.06
80	DORTMUND-HBF		AN	0.08				1.48		3.18			5.08



KM	STATION	ZUGNUMMER	1568			1569			1610			1611			
0	DUESSELDORF-HBF	AB	4.00			4.30			5.00			5.30			
1	DUESSELDORF-WERHAHN	AB	4.01			4.31			5.01			5.31			
2	DUESSELDORF-ZOO	AB	4.03			4.33			5.03			5.33			
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AN	4.05			4.35			5.05			5.35			
3	DUESSELDORF-DERENDORF	AB	4.35			4.36			5.06			5.36			
5	DUESSELDORF-VOGELSANG	AB	4.08			4.38			5.08			5.38			
7	DUESSELDORF-UNTERBATH	AB	4.09			4.39			5.09			5.39			
10	KALKUM	AB	4.12			4.42			5.12			5.42			
13	ANGERMUND	AB	4.14			4.44			5.14			5.44			
15	DUISBURG-ERFAHM	AB	4.15			4.44			5.16			5.46			
17	DUISBURG-GROSSENBAUM	AB	4.18			4.48			5.18			5.48			
19	DUISBURG-BUCHHOLZ	AB	4.21			4.51			5.20			5.50			
21	DUISBURG-SCHLENK	AB	4.22			4.52			5.22			5.52			
24	DUISBURG-HBF	AN	4.24			4.54			5.24			5.54			
24	DUISBURG-HBF	AB	4.25			4.55			5.25			5.55			
30	MUELHEIM (RUHR)-STADT	AN	4.29			4.59			5.29			5.59			

KM	STATION	ZUGNUMMER	*			*			1612			1683			1691
30	MUELHEIM (RUHR) STADT	AN	4.30			5.00			5.28			6.03			6.12
32	MUELHEIM (RUHR)	AB	4.32			5.02			5.30			6.05			6.14
34	MUELHEIM (RUHR)-STADT	AB	4.34			5.04			5.32			6.07			6.16
37	ESSEN-ROCHUSSER	AB	4.38			5.08			5.36			6.11			6.21
41	ESSEN-WEST	AN	4.39			5.09			5.37			6.12			6.21

KM	STATION	ZUGNUMMER			1595		1596		1640		1635			1641		1642
41	ESSEN-WEST	AB			5.10		5.30		6.00		6.13			6.20		6.25
43	ESSEN-HBF	AN			5.12		5.32		6.02		6.15			6.22		6.31

KM	STATION	ZUGNUMMER		1667			1556			*	1644		1641			*
43	ESSEN-HBF	AB		5.18			5.23			5.31	6.08		6.23			6.32
48	ESSEN-STEELE WEST	AN		5.11	*		5.34			6.06	6.11		6.25			6.35

KM	STATION	ZUGNUMMER	1558			*		1646		*	1647		1648			1649
48	ESSEN-STEELE WEST	AB	4.57			5.37		6.00		6.12	6.20		6.29			6.40
49	ESSEN-STEELE	AN	4.58			5.38		6.01		6.13	6.21		6.29			6.41

KM	STATION	ZUGNUMMER	*				1599		*		*	1651			1652		
49	ESSEN-STEELE	AN	4.59				5.40		6.02		6.14	6.22			6.30		
51	ESSEN-FRINTROP	AB	5.01				5.42		6.04		6.15	6.25			6.32		
55	WATTENSCHEID-HOENTROP	AB	5.04				5.45		6.07		6.19	6.29			6.41		
60	BOCHUM-HBF	AN	5.08				5.49		6.11		6.23	6.32			6.45		
60	BOCHUM-HBF	AB	5.09				5.50		6.12		6.24	6.33			6.46		
66	BOCHUM-LANGENDREER WEST	AB	5.13				5.54		6.16		6.28	6.37			6.50		
68	BOCHUM-LANGENDREER SUED	AB	5.15				5.56		6.18		6.30	6.39			6.52		
71	DORTMUND-KLEY	AB	5.18				5.59		6.21		6.33	6.42			6.55		
72	DORTMUND-OESPEL	AB	5.20				6.01		6.23		6.35	6.44			6.57		
73	DORTMUND-EICHLINGHOFEN	AB	5.21				6.02		6.24		6.36	6.45			6.58		
75	DORTMUND-UNIVERSITAET	AB	5.23				6.04		6.26		6.38	6.47			7.00		
76	DORTMUND-DORSTFELD SUED	AB	5.24				6.05		6.27		6.39	6.48			7.01		
77	DORTMUND-DORSTFELD	AB	5.25				6.06		6.28		6.40	6.49			7.02		

KM	STATION	ZUGNUMMER	*	1653			1654	1655		1656		*	701			61	71
77	DORTMUND-DORSTFELD	AB	5.26	6.00			6.12	6.24		6.36		6.50	7.00			7.10	7.12
80	DORTMUND-HBF	AN	5.28	6.02			6.14	6.26		6.38		6.52	7.02			7.12	7.14

KM	STATION	ZUGNUMMER		1687			1688			1689				1650	
0	DUESSELDORF-HBF		AB		6.00			6.15			6.30				6.45
1	DUESSELDORF-WERHAHN		AB		6.01			6.16			6.31				6.46
2	DUESSELDORF-ZOO		AB		6.03			6.19			6.33				6.48
3	DUESSELDORF-DERENDORF		AN		6.05			6.20			6.35				6.50
5	DUESSELDORF-VOGELSANG		AB		6.06			6.21			6.36				6.51
6	DUESSELDORF-GERRESHEIM		AB		6.08			6.23			6.38				6.53
7	DUESSELDORF-UNTERRATH		AB		6.09			6.24			6.39				6.54
10	KALKUM		AB		6.12			6.27			6.42				6.57
13	ANGERMUND		AB		6.14			6.29			6.44				6.59
15	DUISBURG-HAHM		AB		6.16			6.31			6.46				7.01
17	DUISBURG-GROSSENBAUM		AB		6.18			6.33			6.48				7.03
19	DUISBURG-BUCHHOLZ		AB		6.20			6.35			6.50				7.05
21	DUISBURG-SCHLENK		AB		6.22			6.37			6.52				7.07
24	DUISBURG-HBF		AN		6.24			6.39			6.54				7.09
24	DUISBURG-HBF		AB		6.25			6.40			6.55				7.10
30	MUELHEIM (RUHR)-STADTM		AN		6.29			6.44			6.59				7.14

KM	STATION	ZUGNUMMER	1652		1643	1683		43		44	45		46	
30	MUELHEIM (RUHR)-STADTM		AB	6.22		6.40	6.48		7.00		7.07	7.11		7.18
32	MUELHEIM (RUHR)		AB	6.24		6.42	6.49		7.02		7.09	7.13		7.20
34	MUELHEIM (RUHR)-STADT		AB	6.26		6.44	6.53		7.04		7.11	7.15		7.22
40	ESSEN-FRONHAUSEN		AB	6.30		6.48	6.57		7.08		7.15	7.19		7.26
41	ESSEN-WEST		AN	6.31		6.49	6.55		7.09		7.16	7.20		7.27

KM	STATION	ZUGNUMMER	1638	*		50	51	*			4	*		*	52
41	ESSEN-WEST		AB	6.43		6.50	7.00	7.05	7.10			7.16	7.21		7.28	7.30
43	ESSEN-HBF		AN	6.45		6.52	7.02	7.07	7.12			7.20	7.23		7.30	7.32

KM	STATION	ZUGNUMMER	1645		*	91	55	*	*	56	57		*	58		*
43	ESSEN-HBF		AB	6.41		6.53	7.00	7.05	7.08	7.13	7.19	7.24		7.24	7.30		7.33
48	ESSEN-STEELE WEST		AN	6.43		6.55	7.03	7.08	7.11	7.16	7.21	7.27		7.27	7.33		7.36

KM	STATION	ZUGNUMMER		1650		63	*	*	*	*	*	*		*	*		*
48	ESSEN-STEELE WEST		AB		6.50		7.00	7.04	7.09	7.12	7.17	7.22	7.24		7.24	7.34		7.37
49	ESSEN-STEELE		AN		6.51		7.01	7.05	7.10	7.13	7.18	7.23	7.25		7.25	7.35		7.38

KM	STATION	ZUGNUMMER		*		67	68	10	*	*	12		14		
49	ESSEN-STEELE		AB		6.52		7.03	7.10	7.15	7.18	7.24	7.29		7.39	
51	ESSEN-FREISEN		AN		6.54		7.05	7.12	7.17	7.21	7.26	7.31		7.41	
55	WATTENSCHEID-HOFSTEDE		AB		6.57		7.08	7.15	7.20	7.24	7.29	7.34		7.44	
60	BOCHUM-HBF		AN		7.01		7.12	7.19	7.24	7.28	7.33	7.38		7.48	
60	BOCHUM-HBF		AB		7.02		7.13	7.20	7.25	7.29	7.34	7.39		7.49	
66	BOCHUM-LANGENDREER WEST		AB		7.04		7.17	7.24	7.29	7.33	7.38	7.43		7.53	
68	BOCHUM-LANGENDREER SUED		AB		7.06		7.19	7.26	7.31	7.35	7.40	7.45		7.55	
71	DORTMUND-KLEY		AB		7.11		7.22	7.29	7.34	7.38	7.43	7.48		7.58	
72	DORTMUND-OESPEL		AB		7.13		7.24	7.31	7.36	7.40	7.45	7.50		8.00	
73	DORTMUND-EICHLINGHOFEN		AB		7.14		7.25	7.32	7.37	7.41	7.46	7.51		8.01	
75	DORTMUND-UNIVERSITAET		AB		7.16		7.27	7.34	7.39	7.43	7.48	7.53		8.03	
76	DORTMUND-DORSTFELD SUED		AB		7.17		7.28	7.35	7.40	7.44	7.49	7.54		8.04	
77	DORTMUND-DORSTFELD		AN		7.18		7.29	7.36	7.41	7.45	7.50	7.55		8.05	

KM	STATION	ZUGNUMMER	72		73	*	*	*			*	*		*	
77	DORTMUND-DORSTFELD		AB	7.18		7.26	7.31	7.37	7.42			7.51	7.56		8.06	
80	DORTMUND-HBF		AN	7.20		7.28	7.32	7.38	7.44			7.53	7.58		8.08	

LEBENSLAUF

Köpcke, Wolfgang	4401 Albachten, Sendener Stiege 43a
Geburtstag	18.7.1943
Geburtsort	Aussig
Staatsangehörigkeit	deutsch
Eltern	Köpcke, Hans, techn. Bundesbahnoberamtmann; Köpcke, Grete, geb. Raschke, Hausfrau
Schulen	1.4.1950 - 31.3.1954 Volksschule in Hamm/Westf. 1.4.1954 - 31.3.1963 Freiherr-vom-Stein-Gymnasium (mathematisch-naturwissenschaftliches Gymnasium) in Hamm/Westf.
Reifeprüfung	12.2.1963 in Hamm/Westf.
Wehrdienst	1.4.1963 - 31.3.1965
Studiengang	1.4.1965 - 3o.4.197o Studium der Mathematik an der Universität Münster
Studienabschluß	Examen zum Dipl.-Mathematiker am 23.4.197o in Münster
Berufspraxis	1.5.197o - 31.7.1973 Verwalter einer wissenschaftlichen Assistentenstelle am Institut für Ökonometrie und Wirtschaftsstatistik der Universität Münster 1.8.1973 - 31.3.1974 Wissenschaftlicher Mitarbeiter dortselbst